

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**

№ 2 (2) 2017

No. 2 (2) 2017

*Щоквартальний  
науковий  
журнал*

*Quarterly  
scientific  
journal*

Харків  
2017

Kharkiv  
2017

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Головний редактор**  
Семенець Валерій Васильович, д-р. техн. наук, професор

**Заступник головного редактора**  
Рубан Ігор Вікторович, д-р. техн. наук, професор

**Заступник головного редактора**  
Момот Тетяна Валеріївна, д-р. екон. наук, професор

**Відповідальний секретар**  
Коваленко Андрій Анатолійович, канд. техн. наук,  
доцент

### Члени редколегії:

**Артюх Роман Володимирович**, канд. техн. наук;  
**Ахматов Бахиджан Сражатдінович**, д-р. техн. наук,  
професор (Казахстан);  
**Байрамов Азад Агалар огли**, д-р. фіз.-мат. наук, професор  
(Азербайджан);  
**Безкоровайний Володимир Валентинович**, д-р. техн. наук,  
професор;  
**Зайцева Єлена**, д-р. техн. наук, професор  
(Словаччина);  
**Карпінські Миколай**, д-р. техн. наук, професор (Польща)  
**Конonenko Ігор Володимирович**, д-р. техн. наук,  
професор;  
**Косенко Віктор Васильович**, канд. техн. наук, доцент;  
**Костін Юрій Дмитрович**, д-р. екон. наук, професор;  
**Кучук Георгій Анатолійович**, д-р. техн. наук, професор;  
**Лепейко Тетяна Іванівна**, д-р. екон. наук, професор;  
**Малєєва Ольга Володимирівна**, д-р. техн. наук, професор;  
**Назарова Галіна Валентинівна**, д-р. екон. наук, професор;  
**Невлюдов Ігор Шакирович**, д-р. техн. наук, професор;  
**Пушкар Олександр Іванович**, д-р. екон. наук, професор;  
**Рамазанов Султанамед Курбанович**, д-р. техн. наук,  
д-р. екон. наук, професор;  
**Савченко Ольга Олександрівна**, канд. філос. наук, доцент;  
**Соколова Людмила Василівна**, д-р. екон. наук, професор;  
**Тімофєєв Володимир Олександрович**, д-р. техн. наук,  
професор;  
**Тодоров Кирил**, д-р. екон. наук, професор (Болгарія);  
**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**  
Semenets Valery, Dr. Sc. (Engineering), Professor, Ukraine

**Deputy Editor in Chief**  
Ruban Igor, Dr. Sc. (Engineering), Professor, Ukraine

**Deputy Editor in Chief**  
Momot Tetiana, Dr. Sc. (Economics), Professor, Ukraine

**Assistant Editor**  
Kovalenko Andrey, PhD (Engineering Sciences), Associate  
Professor, Ukraine

### Editorial Board Members:

**Artiukh Roman**, PhD (Engineering Sciences) (Ukraine);  
**Akhmetov Bahidzhan Srazhatdinovich**, Dr. Sc. (Engineering),  
Professor (Kazakhstan);  
**Bayramov Azad oglu Agalar**, Dr. Sc. (Physical and  
Mathematical), Professor (Azerbaijan);  
**Bezkorovainyi Volodymyr**, Dr. Sc. (Engineering), Professor  
(Ukraine);  
**Zaitseva Elena**, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Slovak  
Republic);  
**Karpinski Nicholas**, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Poland);  
**Kononenko Igor**, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
**Kosenko Viktor**, PhD (Engineering Sciences), Associate  
Professor (Ukraine);  
**Kostin Yuri**, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
**Kuchuk Heorhii**, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
**Lepeyko Tetyana**, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
**Malyeyeva Olga**, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
**Nazarova Galina**, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
**Nevliudov Igor**, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
**Pushkar Olexandr**, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
**Ramazanov Sultan**, Dr. Sc. (Engineering), Dr. Sc. (Economics),  
Professor (Ukraine);  
**Savchenko Olga**, PhD (Philosophic Sciences), Associate  
Professor (Ukraine);  
**Sokolova Lyudmila**, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
**Timofeyev Volodymyr**, Dr. Sc. (Engineering), Professor  
(Ukraine);  
**Todorov Kiril**, Dr. Sc. (Economics), Professor (Bulgaria);  
**Chumachenko Igor**, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
**Chukhray Nataliya**, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
**Iastremska 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)

Затверджений до друку Вченою Радою Харківського національного університету радіоелектроніки  
(Протокол № 15 від 24 листопада 2017 р.).

Свідоцтво про державну реєстрацію журналу Серія KB № 22696-12596P від 04.05.2017 р.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

## ЗМІСТ

### Технічні науки

- 5 **Безкоровайний В. В.**  
Параметричний синтез моделей багатокритеріального оцінювання технологічних систем (eng.)
- 12 **Вартанян В. М., Романенков Ю. О., Прончаков Ю. Л., Зейнієв Т. Г.**  
Інформаційна технологія раціонального розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації (eng.)
- 23 **Гермашев А. І., Логомінов В. О., Козлова О. Б., Кришталь В. О.**  
Підвищення ефективності високошвидкісного фрезерування тонкостінних елементів деталей складної геометричної форми (eng.)
- 29 **Кадикова І. М., Каліненко Б. Д., Ларина С. О., Чумаченко І. В.**  
Модель управління часом у системі стратегічного проектного менеджменту
- 38 **Клочко А. А., Шелковой А. Н., Шаповалов В. Ф., Беловол А. В., Анцыферова О. А.**  
Технология ремонта и восстановления крупномодульных закаленных зубчатых колес методом высокоскоростной лезвийной обработки
- 48 **Косенко В. В., Періянова О. Ю., Белоцький О. О., Малєєва О. В.**  
Методи управління розподілом трафіку в інфокомунікаційних мережах систем критичної інфраструктури (eng.)
- 56 **Косенко Н. В., Коломієць А. І.**  
Формування і розвиток проектною команди на основі багатокритеріальної моделі (eng.)
- 62 **Кучук Н. Г., Артюх Р. В., Нечаусов А. С.**  
Метод побудови семантичної мережі розподілу пошуку в e-learning (eng.)
- 70 **Сідоров В. І., Бабенко В. О., Бондаренко М. І.**  
Дослідження факторів розвитку інноваційної діяльності агропромислового виробництва України в умовах глобалізації світового господарства (eng.)
- 77 **Скоркін А. О., Кондратюк О. Л.**  
Основні принципи комплексного управління складально-різьбоутворюючим процесом (eng.)
- 86 **Сотник С. В., Невлюдова В. В., Мала І. О.**  
Розробка інформаційно-пошукової системи вибору формуючих елементів виливних форм (eng.)
- 93 **Якововська С. В., Висоцька О. В., Тимофєєв В. О.**  
Перерозподіл навантаження базових станцій в мобільних мережах зв'язку (eng.)

### Економічні науки

- 100 **Аванесова Н. Е.**  
Аналітичний погляд на теорії забезпечення економічної безпеки
- 109 **Кирій В. В., Любічева О. І., Москавцова К. О.**  
Стратегія розвитку ІТ на високотехнологічних підприємствах (eng.)
- 116 **Кузнецова І. О.**  
Формалізація технології управління як складової ключової здібності підприємства (eng.)
- 124 **Момот Т. В., Коляда І. В.**  
Комплаєнс-контроль у системі забезпечення фінансової безпеки банківських установ: стан, проблеми, перспективи (eng.)
- 132 **Назарова Г. В., Назаров Н. К.**  
Аналіз структурних конфігурацій для реалізації конкурентних стратегій
- 138 **Туркіна М. В., Скачков О. М.**  
Економічна ефективність модернізації обладнання для теплових електростанцій (eng.)
- 145 **Чухрай Н. І., Мрихіна О. Б.**  
Вартісно-орієнтований підхід до управління оборотними активами корпоративних будівельних підприємств (eng.)
- 155 **Алфавітний показник**

## CONTENTS

### Technical sciences

- 5 **Beskorovainyi V.**  
Parametric synthesis of models for multicriterial estimation of technological systems
- 12 **Vartanian V., Romanenkov Yu., Pronchakov Yu., Zieiniiev T.**  
Information technology of rational resource allocation in the system of business processes of the organization
- 23 **Germashev A., Logominov V., Kozlova Y., Krishtal V.**  
Improving the efficiency of high-speed milling of thin-walled elements of parts of complex geometric shapes
- 29 **Kadykova I., Kalinenko B., Larina S., Chumachenko I.**  
Model of time management in the system of strategic project management
- 38 **Klochko A., Shelkovoy A., Shapovalov V., Belovol A., Antsyferova O.**  
Technology of repair and restoration of large-modular golden gear wheels by high-speed wood processing
- 48 **Kosenko V., Persiyanova E., Belotsky O., Malyeyeva O.**  
Methods of managing traffic distribution in information and communication networks of critical infrastructure systems
- 56 **Kosenko N., Kolomiets A.**  
Building and developing a project team on the basis of a multicriteria model
- 62 **Kuchuk N., Artiukh R., Nechausov A.**  
Method of building the semantic network of distributed search in e-learning
- 70 **Sidorov V., Babenko V., Bondarenko M.**  
Researching factors of innovative activities of agrarian business of Ukraine under globalization of the world economy
- 77 **Skorkin A., Kondratyuk O.**  
The basic principles of the integrated management of the process of assembly and threading
- 86 **Sotnik S., Nevliudova V., I. Malaya**  
Developing the information search system for selecting the moulds forming elements
- 93 **Yakubovska S., Vysotska O., Timofeev V.**  
Mathematical support of the intelligent information system of assessing the object state

### Economic sciences

- 100 **Avanesova N.**  
Analytical view on the theory of economic security
- 109 **Kyriy V., Liubicheva O., Moskvatsova K.**  
Strategy of HR development at high-tech enterprises
- 116 **Kuznetsova I.**  
Formalizing the technology of management as a constituent of the organization core capabilities
- 124 **Momot T., Koliada I.**  
Compliance control for ensuring the financial security of banking institutions: state, problems, prospects
- 132 **Nazarova G., Nazarov N.**  
The analysis of structural configurations for implementing competitive strategies
- 138 **Turkina M., Skachkov O.**  
Economic efficiency of modernizing the equipment for thermal power plants
- 145 **Chukhrai N., Mrykhina O.**  
Developing technologies on the basis of knowledge transformation chains
- 155 **Alphabetical index**

UDC 004.9: 519.81

V. BESKOROVAINYI

## PARAMETRIC SYNTHESIS OF MODELS FOR MULTICRITERIAL ESTIMATION OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS

The **subject** matter of the article is the problem of multicriteria estimation of the properties of technological systems (TS) in the process of their structural-parametric optimization. The **goal** of the study is to increase the efficiency of procedures for multicriteria estimation of TS properties at the stages of their design and reengineering using the technology of comparative parametric identification of the preferences of a decision maker. The **objectives** are: to increase the adequacy of the additive-multiplicative model of multifactor estimation of variants of building a TS based on the Kolmogorov-Gabor polynomial; to develop an efficient method of parametric synthesis of additive-multiplicative models of multifactor estimating and selecting variants of building a TS based on a decision maker's preferences; to carry out the analysis and give recommendations on the practical use of the suggested method of parametric synthesis of models of multicriteria TS estimation. The **methods** used are: system analysis, decision theory, identification theory, multicriteria optimization methods. The following **results** are obtained: to increase the adequacy of the models of TS multifactor estimation, it is suggested to use the utility function of partial criteria that makes it possible to realize not only linear, convex or concave, but also S (Z)-like dependencies on their values. To solve the problem of parametric synthesis of models of multicriteria TS estimation, the method of comparative identification of a decision maker's preferences is improved on the basis of the procedures for calculating the Chebyshev point and the residual vector. The experimental study of the efficiency of the suggested variant of the method is carried out. **Conclusions.** The application of the suggested function in additive-multiplicative models of TS multi-factor estimation does not change the methods for selecting their parameters. The suggested improvement of the method of comparative identification of a decision maker's preferences on the basis of the procedures for calculating the Chebyshev point and the residual vector for the parametric synthesis of models of TS multicriteria estimation enables covering all practically important situations of selection described by binary relations of equivalence, strict, and nonstrict preferences. The experimental study of the method confirms the increase in the efficiency of the procedures of parametric synthesis of models built on its basis in comparison with the method of group accounting of arguments on the basis of genetic algorithms. Practical application of the results obtained in the support systems for making multicriteria design and management decisions will improve their accuracy and, on this basis, increase the functional and cost efficiency of modern TS.

**Keywords:** technological system, design, reengineering, optimization, quality criteria, multicriteria estimation model, utility function, Kolmogorov-Gabor polynomial.

### Introduction

Modern multiproduct manufacturing is characterized by a wide variety of types of raw materials, methods of its processing and the assortment of finished products. The conditions of competition orient it towards all possible reducing the terms of mastering new types of products and improving their quality. In the context of modern methodology, the production process is represented as a technological system (TC) or a set of such systems. The efficiency of technological systems is largely determined by decisions that are made at the stages of their design or reengineering. The processes of TS design, modernization, planning the development or reengineering involve the solution of many interconnected tasks of their structural, topological and parametric optimization. The optimization of production technological systems lies in the fact of selecting the best option from a set of options that satisfy all functional and value constraints according to a variety of quality indicators (quality, cost of production, system performance, equipment loading, and so on) [1–3]. At the same time, one of the priority tasks is the task of developing models for automated multicriteria estimation of variants of building technological systems.

### The analysis of the problem current state

The modern technology of TC optimization involves solving many tasks: selecting system quality indicators (private criteria of optimality); determining the parameters that determine the efficiency of the system; developing a

generalized system efficiency criterion; selecting the best option for building a system. The methodology for solving TS optimization problems is based on the theory of multicriteria decision making [4–6]. In addition, a decision maker can select the best decision from the set of efficient ones only in the simplest situations without using formal methods [6]. Additional information about the value of individual formalized properties (private criteria) and their values should be included to automate the procedures for assessing design decisions [7].

The most important task of formalizing the decision-making process in the context of TS multicriteria optimization is to determine a metric for ranking alternatives. The utility theory [8] is traditionally used as a methodological basis for developing the metric; according to this theory, the value of utility (values)  $P(\lambda, x)$  (where  $\lambda$  is the vector of the parameters of the function) can be determined for each alternative variant of TS building  $x$  from an admissible set  $X$ . At the same all  $x, y \in X$ :

$$x \sim y \leftrightarrow P(\lambda, x) = P(\lambda, y) \leftrightarrow P(\lambda, x) = P(\lambda, y);$$

$$x \succ y \leftrightarrow P(\lambda, x) > P(\lambda, y); x \succeq y \leftrightarrow P(\lambda, x) \geq P(\lambda, y).$$

As the requirements to TS features are not fully determined as the function of total utility  $P(\lambda, x)$ , it is suggested to use the fuzzy set adjective "the best variant of building a technological systems" [9]. In this case, the fuzzy set "the best variant of building a technological system" can be presented as a set of ordered pairs:

$$\text{"the best variant of building a technological system"} =$$

$$= \{ \langle x, P(\lambda, x) \rangle \},$$

$$x^o = \arg \max_{x \in X} P(\lambda, x). \quad (4)$$

where  $x \in X$  is a variant of building the system;  $P(\lambda, x)$  is the membership degree of the variant  $x \in X$  to the fuzzy set "the best variant of building a technological system".

Determining a metric for ranking the variants of TS building  $x \in X$  is actually solving the task of identification of a decision maker's preferences, that is solving the tasks of structural and parametric synthesis of the total utility function (TUF)  $P(\lambda, x)$ . In the general case, this involves selecting a similarity criterion, a set of input signals, structure and parameters of the function  $P(\lambda, x)$ , assessing its accuracy or adequacy to a decision maker's preferences. When the selected model structure is selected as  $P(\lambda, x)$ , the task is to determine the best values of its parameters  $\lambda = \lambda^o$ .

Depending on the problem situation criteria of identification (similarity of models) are: the minimum of summary (mean, maximum, summary squared) absolute, relative error of estimation of total utility  $P(\lambda, x)$ , the maximum of preferences force, the midpoint maximum, the maximum of the function of use appropriateness or the minimum of the error of establishing the order of alternatives  $x \in X$  [10].

The models of multicriteria assessing and selecting are built on the basis of additive, multiplicative or mixed TUF [7]:

$$P(\lambda, x) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(x); \quad (1)$$

$$P(\lambda, x) = \prod_{i=1}^m \xi_i(x)^{\lambda_i}; \quad (2)$$

$$P(\lambda, x) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot \xi_i(x) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^m \lambda_{ij} \cdot \xi_i(x) \cdot \xi_j(x) + \dots \quad (3)$$

where  $P(\lambda, x)$  is the estimation of an alternative utility  $x$ ;  $m$  is a number of partial criteria;  $\lambda_i, \lambda_{ij}$  are weight coefficients of partial criteria  $k_i(x)$  and their products  $\lambda_i \geq 0, \lambda_{ij} \geq 0$ ;  $i = \overline{1, m}$ ;  $\xi_i(x) = \xi_i[k_i(x)]$  is a partial criterion utility function (PCUF)  $k_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$ .

The main drawback of the models of the form (1) is that they do not reflect the objective role of partial criteria and allow practically unlimited compensation of one criterion by others. The drawback of models of the form (2) is that they can compensate for the insufficient value of one particular criterion by the excess of another one. The utility function built on the basis of the Kolmogorov-Gabor polynomial (3) can overcome the drawbacks of the models (1) and (2) [7].

If the vector of parameters  $\lambda$  is determined and the type of the function of partial criteria utility  $\xi_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$  is known, the task of selecting the best variant of TS building for the models of the form (1) – (3) can be reduced to the task of optimization:

The vector of weight coefficients is traditionally determined with the help of the expert method by ranking methods, attributing points, sequential preferences, paired comparisons [5, 6]. The drawbacks of the mentioned methods are the complexity and relatively low accuracy of estimates.

The technique of the comparative identification is used as an alternative to the expert assessment of parameters [11–12]. For structural and parametric identification of the models of the mixed type (3), the method of arguments group accounting (MAGA) on the basis of genetic algorithms is suggested [12–13]. The practical application of this method is limited by its high time complexity and low accuracy of obtained solutions.

The review of the current state of the problem shows that the tasks of parametric or structural and parametric synthesis have been studied so far in one of the types of additive, multiplicative or mixed functions of the total utility  $P(\lambda, x)$  (1) – (3) that are built on the basis of non-universal utility functions of partial criteria  $\xi_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$ , using the approximate methods of identification [6, 7, 10, 12–14].

### The research goal and objectives

The object of the research is technological production systems.

The subject of the research is the process of interactive multi-factor estimation of the variants of building technological production systems.

The goal of the research is to increase the efficiency of the procedures of multicriteria estimation of the features of technological systems at the stages of their design and reengineering using the method of comparative parametric identification of a decision maker's preferences.

To achieve the stated goal, it is necessary:

- to increase the adequacy of the additive multiplicative model of multi-factor estimation of variants of building the TS built on the basis of the Kolmogorov-Gabor polynomial;
- to develop the efficient method of the parametric synthesis of additive multiplicative models of the multi-factor estimation and selection of the variants of TS building;
- to conduct the analysis and give recommendations as to the practical application of the suggested method of the parametric synthesis of the models of TS multicriteria estimation.

### The research materials

The task of parametric synthesis of the models of multicriteria estimation of technological systems will be solved using the general utility function  $P(\lambda, x)$  built on the basis of the Kolmogorov-Gabor polynomial (3). The general function of partial criteria utility  $\xi_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$  will be used as a constituent of the general utility function.

The general function of partial criteria utility enables implementing linear, convex, concave, S- and Z-shaped dependences on the values of partial criteria  $k_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$  with the high degree of accuracy [14, 15]:

$$\xi_i(x) = \begin{cases} \bar{a} \cdot \left( \frac{\bar{k}(x)}{\bar{k}_a} \right)^{\alpha_{1i}}, & 0 \leq \bar{k}(x) \leq \bar{k}_a; \\ \bar{a} + (1 - \bar{a}) \cdot \left( \frac{\bar{k}(x) - \bar{k}_a}{1 - \bar{k}_a} \right)^{\alpha_{2i}}, & \bar{k}_a < \bar{k}(x) \leq 1, \end{cases} \quad (5)$$

$$\bar{k}(x) = \frac{k(x) - k^-}{k^+ - k^-}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

where  $\bar{k}_a$ ,  $\bar{a}$  are normalized values of coordinates of the point of function sewing,  $0 \leq \bar{k}_a \leq 1$ ,  $0 \leq \bar{a} \leq 1$ ;  $\alpha_{1i}$ ,  $\alpha_{2i}$  are the factors that determine the type of the dependence at the starting and final sections of the function;  $k(x)$ ,  $k^+$ ,  $k^-$  are the values of a partial criterion for the variant  $x$ , the best and the worst values of the criterion  $k(x)$ .

This function exceeds the known Gaussian function, Harrington function, and logistic function with respect to the accuracy of the approximation of a decision maker's estimations [14].

The essence of the technology of comparative identification of a decision maker's preferences when optimizing TS lies in the following fact. The types of the partial criteria utility function are given as  $\xi_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$  (5) and TUF  $P(\lambda, x)$  (3), they represent the TS most important features. A decision maker implements the pairs of the variants of TS building from the subsets of the admissible ones which creates in the consciousness of a decision maker some subjective estimations of the utility  $P(x)$  and  $P(y)$ , whose values cannot be measured. Binary relations are developed on the basis of these estimations (the equivalence or preference of variants is justified):

- variant equivalence  $R_E(X) = \langle x, y \rangle: x, y \in X, x \sim y$ ;
- strict preference  $R_S(X) = \langle x, y \rangle: x, y \in X, x \succ y$ ;
- preference-indifference relation

$$R_N(X) = \langle x, y \rangle: x, y \in X, x \succsim y.$$

Corresponding systems of equations and inequalities are derived:

$$P(\lambda, x) = P(\lambda, y), \quad x, y \in R_E(X), \quad (7)$$

$$P(\lambda, x) > P(\lambda, y), \quad x, y \in R_S(X), \quad (8)$$

$$P(\lambda, x) \geq P(\lambda, y), \quad x, y \in R_N(X), \quad (9)$$

where  $\lambda$  is the target vector of TUF parameters.

Therefore, the task of parametric identification of TUF of TS variants is to determine the vector  $\lambda = [\lambda_i]_{i=1}^N$  (where  $N$  is a number of model parameters) that meet the requirements of the derived system of equations and

inequalities (7), (8) or (9). In addition, the derived system of equations and inequalities can be incompatible or can have innumerable solutions.

The minimum error in ordering the priority of alternatives and the minimum sum of the squares of estimating the errors of the alternatives utility are selected as the criteria for identifying a decision maker's preferences when solving the task of TS optimization. A number of components of the model (3) is selected on the basis of the required accuracy of ordering a decision maker's preferences, the dimension of the task, and the available computing resources. At the same time, the maximum number of summands is equal  $N = C_{m+n}^n - 1$  (where  $m$  is a number of partial criteria;  $n$  is the polynomial degree).

The following notation is introduced:

$$\begin{aligned} \xi_j(x) \cdot \xi_j(x) &= \xi_{m+1}(x), \quad \lambda_{1,1} = \lambda_{m+1}, \quad \xi_j(x) \cdot \xi_2(x) = \xi_{m+2}(x), \\ \lambda_{1,2} &= \lambda_{m+2}, \dots \end{aligned} \quad (10)$$

Taking into account these notations (10) the function (3) can be presented as the additive one (11):

$$P(\lambda, x) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(x). \quad (11)$$

The components of the vector  $\lambda$  should be estimated basing a decision maker's preferences among the alternatives  $x, y \in X^C$  (where  $X^C$  is a subset of the Pareto-efficient alternatives). The pairs of alternatives should belong to a subset of the Pareto-efficient ones, which is caused by the fact that considering dominating alternatives from the subset of the agreement  $X^S = X \setminus X^C$  while developing the binary relations of strict preference  $R_S(X)$  and preference-indifference relation  $R_N(X)$  does not contain useful information, that is  $x \succ z \quad \forall x \in X^C$  and  $\forall z \in X^S$ . This is due to the fact that strict preference and preference-indifference relation for dominating alternatives are performed under any values of weight coefficients  $\lambda_i$ ,  $i = \overline{1, N}$ .

For equivalence relation  $R_E(X)$  according to the model (11) the system of equations including  $n_E$  equation is derived from the condition  $P(x) = P(y)$ ,  $(x, y) \in R_E(X)$ :

$$\begin{aligned} \eta_j(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(x) &= \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(y), \quad \langle x, y \rangle \in R_E(X), \\ j &= \overline{1, n_E}, \end{aligned} \quad (12)$$

As well as the equation for normalizing the vector

$$\eta_{n_E+1}(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad \lambda_i \geq 0, \quad i = \overline{1, N},$$

where  $n_E = \text{Card } R_E(X)$  is the cardinality of the equivalence relation  $R_E(X)$ .

For strict preference  $R_S(X)$  preference-indifference relation  $R_N(X)$  the systems of non-linear inequalities and normalizing conditions are obtained:

$$\eta_j(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(x) > \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(y), \quad \langle x, y \rangle \in R_S(X),$$

$$j = \overline{1, n_S}, \quad (13)$$

$$\eta_{n_S+1}(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad \lambda_i \geq 0, \quad i = \overline{1, N};$$

$$\eta_j(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(x) \geq \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(y), \quad \langle x, y \rangle \in R_N(X),$$

$$j = \overline{1, n_N}, \quad (14)$$

$$\eta_{n_N+1}(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad \lambda_i \geq 0, \quad i = \overline{1, N},$$

where  $n_S = \text{Card } R_S(X)$ ,  $n_N = \text{Card } R_N(X)$  are cardinalities of relations  $R_S(X)$  and  $R_N(X)$ .

The obtained systems of equations and inequalities (12) – (14) are homogeneous and specify numerous planes that cross the zero point of the coordinate system. Their second parts as normalizing conditions  $\sum \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0$  determine secant lines. Thus, Haar condition is met, and systems (12) – (14) are inconsistent in general.

One of the methods of solving similar systems is searching the Chebyshev point [7], which enables reducing original tasks to the tasks of linear programming [11, 16]. If the additional variable  $\lambda_{N+1}$  is added to the system of equations (12), the set of constraints  $|\eta_j(\lambda)| \leq \lambda_{N+1}, j = \overline{1, n_E}$  can be created to get the equivalence relation  $R_E(X)$ . It is as follows:

$$-\eta_j(\lambda) + \lambda_{N+1} \geq 0, \quad \eta_j(\lambda) + \lambda_{N+1} \geq 0, \quad j = \overline{1, n_E}, \quad (15)$$

$$\eta_{n_E+1}(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad \lambda_i \geq 0, \quad i = \overline{1, N}.$$

Minimizing  $\lambda_{N+1} \rightarrow \min$  in the context of constraints (15) is a task of linear programming and enables obtaining the Chebyshev point of the system (12). In this case the Chebyshev point  $\lambda^o$  has geometrically least deviation in modulus  $|r|$  from the whole set of equation planes (12)

$$|r| = \min_{\lambda} \max_j |\eta_j(\lambda)| = \max_j |\eta_j(\lambda^o)|. \quad (16)$$

The additional variable  $\lambda_{N+1}$  is introduced to the constraints (13) for the relation  $R_S(X)$ , the conditions  $\eta_j(\lambda) \leq \lambda_{N+1}, j = \overline{1, n_S}$  should be performed. Then, searching the Chebyshev point of the system of inequalities (13) is reduced to a task of linear programming:

$$\lambda_{N+1} \rightarrow \min; \quad -\eta_j(\lambda) + \lambda_{N+1} \geq 0, \quad j = \overline{1, n_S},$$

$$\eta_{n_S+1}(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad \lambda_i \geq 0, \quad i = \overline{1, N}. \quad (17)$$

If the system of inequalities (13) is consistent,  $r = \min_{\lambda} \max_j \eta_j(\lambda) \leq 0$ , and the obtained solution  $\lambda^o$  will be highly sustainable to probable shifts of constraint planes. If the system (13) is inconsistent,  $r > 0$ , and the Chebyshev approximation is obtained, which is the value of minimal deviation for solving the target systems. In this case, for the system of preferences, which is described by the binary relation  $R_S(X)$ , there is not a single vector of weight coefficients of partial criteria  $\lambda$  that meet the requirements of (13).

Searching the Chebyshev solution (approximation) of the system of linear inequalities and constraints for preference-indifference relation  $R_N(X)$  is reduced to a task of linear programming in the same way (14).

The drawback of solutions in the form of the Chebyshev point is their orientation only to the extreme constraints and to the minimization the maximum deviation of the obtained point from the planes of deviations  $\eta_j(\lambda)$ . Generic solutions of the systems (12) – (14) are suggested for using as an alternative to the solutions in the form of the Chebyshev point. that take into account the removal (or deviation) from the whole set of constraints [11]. The vector can be used as the solution of the system (12) for the relation of equivalence  $R_E(X)$

$$\lambda^o = \arg \min_{\lambda} \|A\lambda - b\|, \quad (18)$$

where  $\|A\lambda - b\|$  is the norm of the residual vector;  $A = [a_{ij}]$  is the matrix of coefficients for the system (12), the elements of which are  $a_{ji} = \xi_i(y) - \xi_i(x), j = \overline{1, n_E}, i = \overline{1, m}; j$  is the pair number  $\langle x, y \rangle$  in the ratio of  $R_E(X)$ ;  $a_{n_E+1,i} = 1, i = \overline{1, m}; b = [0, 0, \dots, 1]^T$ .

## The research results

The suggested method has shown its efficiency and effectiveness in solving test tasks. The results of solving the tasks from [10, 12, 13] were used for comparison.

In [13], a special case of the function (3) was used as a model to estimate the variants according to four particular criteria

$$P(\lambda, x) = \sum_{i=1}^4 \lambda_i \cdot \xi_i(x) + \lambda_5 \cdot \xi_1^2(x) + \lambda_6 \cdot \xi_2^2(x) + \lambda_7 \cdot \xi_3(x) \cdot \xi_4(x) \quad (19)$$

With weight coefficients  $a = [0.33; 0.12; 0.15; 0.08; 0.1; 0.15; 0.07]$ . The values of TUF  $P(\lambda, x)$ , obtained on the basis of the model (19), determine the following order at a set of alternatives  $x_l \in X, l = \overline{1, 12}$  (table 1):

$$x_6 \succ x_{10} \succ x_1 \succ x_9 \succ x_7 \succ x_4 \succ x_5 \succ x_{11} \succ x_{12} \succ x_2 \succ x_8 \succ x_3, (20)$$

After the following notations had been introduced:

$$\xi_1(x) \cdot \xi_7(x) = \xi_5(x), \quad \xi_1(x) \cdot \xi_2(x) = \xi_6(x), \\ \xi_3(x) \cdot \xi_4(x) = \xi_7(x),$$

the model (19) was presented in the additive form:

$$P(\lambda, x) = \sum_{i=1}^7 \lambda_i \xi_i(x).$$

To estimate the method efficiency, many tasks of parametric identification of a decision maker's preferences in the form of (3) were solved for the conditions of strict preferences and equivalence: task 1 is to determine the best parameters of the model (19) that fulfil the condition  $P(\lambda, x_6) > P(\lambda, x_l)$ ,

$\forall l = \overline{1, 12}, l \neq 6$ ; task 2 is to determine the best values of the parameters of the model (19) that lays down the order (20); task 3 is to determine the best values of the parameters of the model (19) that fulfil the conditions  $P(\lambda, x_6) = P(\lambda, x_l)$ ,  $\forall l = \overline{1, 12}$ ; task 4 is to determine the type and parameters of the model of the second degree (3) on the basis of the fact of selecting a decision maker's variant  $x^o = x_6$ , that is the one which fulfils the condition  $P(\lambda, x_6) > P(\lambda, x_l)$ ,  $\forall l = \overline{1, 12}, l \neq 6$ ; task 5 is to determine the type and parameters of the model of the second degree (3) that lays down the order (20); task 6 is to determine the type and parameters of the model of the second degree (3) that fulfils the conditions  $P(\lambda, x_6) = P(\lambda, x_l)$ ,  $\forall l = \overline{1, 12}$ .

**Table 1.** The characteristics of the variants of TS building

$x$	$\xi_1(x)$	$\xi_2(x)$	$\xi_3(x)$	$\xi_4(x)$	$P(\lambda, x)$
$x_1$	0,87	0,11	0,55	0,12	0,4745
$x_2$	0,42	0,37	1,0	0,0	0,3712
$x_3$	0,11	0,66	0,34	0,82	0,3182
$x_4$	0,74	0,24	0,19	0,52	0,4134
$x_5$	0,0	1,00	0,64	0,25	0,3972
$x_6$	1,0	0,0	0,44	0,36	0,5359
$x_7$	0,40	0,80	0,59	0,05	0,4346
$x_8$	0,49	0,46	0,0	1,0	0,3527
$x_9$	0,64	0,42	0,32	0,78	0,4569
$x_{10}$	0,92	0,08	0,38	0,25	0,4825
$x_{11}$	0,18	0,60	0,64	0,85	0,3907
$x_{12}$	0,25	0,55	1,00	0,18	0,3771

All the mentioned tasks are incorrect according to Hadamard: tasks 1, 2, 4 and 5 have the infinite set of solutions; tasks 3 and 6 do not have a single solution. Regularizing the tasks of searching the solutions of the system of equations and inequalities (12) – (13) in the form of (17) – (18) enables obtaining unambiguous solutions.

The obtained solutions of tasks 1, 2, 4, 5 enable restoring the complete initial order of a decision maker's preferences with the inaccuracy of reference values by 63,2–87,3 % less than while using the method of the group accounting of arguments.

The residual vector (18) was minimized for tasks 3 and 6, which enables obtaining the parameters of the models  $\lambda = \{\lambda_i\}; \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0, i = \overline{1, N}$  that equalize the values of all variants  $P(\lambda, x_6) \approx P(\lambda, x_l), \forall l = \overline{1, 12}$  to the fullest extent. In addition, the maximum deviation from the equality of the values of variants utility was 0,2177 for task 3, and 0,1826 for task 6.

## Conclusions

The approach of the comparative identification of the vectors of preferences for models of multivariate estimating and selecting solutions based on the Kolmogorov-Gabor polynomial was further developed as a result of the analysis of the problem of estimating the properties of technological systems in the process of their optimization.

In order to increase the adequacy of multi-factor estimation models, it is suggested to use the utility function of partial criteria, which enables implementing not only linear, convex or concave, but also S (Z)-shaped dependences on their values. Its use makes it possible to increase the accuracy of expert approximate estimates significantly compared to the models built on the basis of Gaussian functions, Harrington and logistic function. Moreover, the application of the suggested function in available models of multi-factor estimation does not change the methods of selecting their parameters.

Improving the method of comparative identification is suggested on the basis of the procedures for calculating the Chebyshev point and the residual vector is suggested for the parametric synthesis of models of multicriteria

estimation of technological systems. This enables covering all practically important situations of a decision maker's selection that are described by the binary equivalence relations, strict preferences, preference-indifference relations, and increasing the efficiency of the synthesis procedures in comparison with the method of group accounting of arguments based on genetic algorithms.

The practical application of the results obtained in the systems that support making multicriteria design and

management decisions will increase their accuracy and, on this basis, increase the functional and cost efficiency of modern technological systems. Developing efficient mathematical models, methods, and information technologies of integrating decision support means into the technology of design, adaptation and reengineering of technological systems can be the directions of further research in this area.

## References

1. Ilyushina, S. V. (2014), "Methods of optimization of technological processes" [Metody optimizatsii tekhnologicheskikh protsessov]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. Vol. 17. No. 8. P. 323-327.
2. Dovbysh, A. S., Berest, O. B. (2014), "Three-alternative learning system for decision support for the automation of the technological process" [Trokhalt'ernativnaya obuchayushchayasya sistema podderzhki prinyatiya resheniy dlya avtomatizatsii tekhnologicheskogo protsessa]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika i informatika*. No. 4 (29). P. 31-40.
3. Frolov, V. V. (2012), "Method of combinatorial-optimization design of technological machining systems " [Metod kombinatorno-optimizatsionnogo proyektirovaniya tekhnologicheskikh sistem mekhanicheskoy obrabotki]. *Otkrytyye informatsionnyye i komp'yuternyye integrirovannyye tekhnologii*. No. 54. P. 125-131.
4. Greco, S., Ehrgott, M., Figueira, J. R. (2016), *Multiple Criteria Decision Analysis – State of the Art Surveys*. New York: Springer. 1346 p.
5. Kaliszewski, I., Kiczowski, T., Miroforidis, J. (2016), "Mechanical design, Multiple Criteria Decision Making and Pareto optimality gap". *Engineering Computations*. Vol. 33 (3). P. 876-895.
6. Kryuchkovskiy, V. V., Petrov, E. G., Sokolova, N. A., Khodakov, V. Ye. (2013), *Introduction to the normative theory of decision-making* [Vvedeniye v normativnyuyu teoriyu prinyatiya resheniy]. Kherson: Grin' D. S. 284 p.
7. Ovezgel'dyev, O. A., Petrov, E. G., Petrov, K. E. (2002), *Synthesis and identification of models of multifactor estimation and optimization* [Sintez i identifikatsiya modeley mnogofaktornogo otsenivaniya i optimizatsii]. Kyiv: Naukova dumka. 161 p.
8. Fishbern, P., edited by Moudera Dzh., Elmagrabi S.: Translated from English (1981), "Theory of Utility. Research of operations: V 2 t" [Teoriya poleznosti. Issledovaniye operatsiy: V 2 t.]. *Metodologicheskiye osnovy i matematicheskiye metody*. Moscow: Mir. Vol. 1. P. 448-480.
9. Raskin, J. G., Seraya, O. V. (2008), *Fuzzy Mathematics. Fundamentals of the theory. Applications* [Nechetkaya matematika. Osnovy teorii. Prilozheniya]. Kharkiv: Parus. 352 p.
10. Petrov, E. G., Shilo, N. S. (2003), "Methodology for assessing the adequacy of models of point identification of individual preferences of decision-makers" [Metodika otsenki adekvatnosti modeley tochechnoy identifikatsii individual'nykh predpochteniy LPR]. *Radioelektronika i informatika*. No. 2. P. 97-103.
11. Beskorovainyi, V V, Trofimenko, I V (2006), "Structural-parametric identification of models of multifactor estimation" [Strukturno-parametrychna identyfikatsiya modeley bahatofaktornoho otsynuvannya]. *Systems of Arms and Military Equipment*. No. 3 (7). P. 56-59.
12. Petrov, K. E., Kryuchkovskiy, V. V. (2009), *Comparative structural-parametric identification of models of scalar multivariate estimation: monograph* [Komparatornaya strukturno-parametricheskaya identifikatsiya modeley skalyarnogo mnogofaktornogo otsenivaniya: monografiya]. Kherson: Oldi-plyus. 294 p.
13. Petrov, E. G., Bulavin, D. A., Petrov, K. E. (2004), "Solution of the problem of structural-parametric identification of the model of individual multifactor estimation by the method of group accounting of arguments" [Resheniye zadachi strukturno-parametricheskoy identifikatsii modeli individual'nogo mnogofaktornogo otsenivaniya metodom gruppovogo ucheta argumentov]. *Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya i pribory avtomatiki*. Issue 129. P. 4-13.
14. Beskorovainyi, V. V., Soboleva, E. V. (2010), "Identification of the partial utility of multifactorial alternatives using S-shaped functions" [Identifikatsiya chastnoy poleznosti mnogofaktornykh al'ternativ s pomoshch'yu S-obraznykh funktsiy]. *Bionika intellekta*. No. 1. P. 50-54.
15. Petrov, E. G., Beskorovainyi, V. V., Pisklavova, V. P. (1997), "Formation of utility functions of particular criteria in multicriterion estimation problems" [Formirovaniye funktsiy poleznosti chastnykh kriteriyev v zadachakh mnogokriterial'nogo otsenivaniya]. *Radioelektronika i informatika*. No. 1. P. 71-73.
16. Beskorovainyi, V. V., Trofimenko, I. V. (2005), "Parametric identification of additive-multiplicative models of multifactor estimation" [Parametricheskaya identifikatsiya additivno-mul'tiplikativnykh modeley mnogofaktornogo otsenivaniya]. *Radioelectronics and Informatics*. No. 4. P. 41-46.

Receive 15.09.2017

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

**Безкоровайний Володимир Валентинович** – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри системотехніки, м. Харків, Україна; e-mail: vladimir.beskorovainyi@nure.ua, ORCID: 0000-0001-7930-3984.

**Безкоровайный Владимир Валентинович** – доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, профессор кафедры системотехники, г. Харьков, Украина; e-mail: vladimir.beskorovainyi@nure.ua, ORCID: 0000-0001-7930-3984.

**Beskorovainyi Vladimir** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Kharkiv National University of Radioelectronics, Professor of the Department of System Engineering, Kharkiv, Ukraine; e-mail: vladimir.beskorovainyi@nure.ua, ORCID: 0000-0001-7930-3984.

## ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

**Предметом** дослідження в статті є проблема багатокритеріальної оцінки властивостей технологічних систем (ТС) у процесі їхньої структурно-параметричної оптимізації. **Метою** дослідження є підвищення ефективності процедур багатокритеріальної оцінки властивостей ТЗ на етапах їх проектування та реінжинірингу із використанням технології компараторної параметричної ідентифікації переваг особи, що приймає рішення (ОПР). **Задачі:** підвищити адекватність адитивно-мультиплікативної моделі багатofакторного оцінювання варіантів побудови ТС, створеної на основі полінома Колмогорова-Габора; розробити ефективний метод параметричного синтезу адитивно-мультиплікативних моделей багатofакторного оцінювання та вибору варіантів побудови ТС на основі переваг ОПР; провести аналіз і дати рекомендації щодо практичного використання запропонованого методу параметричного синтезу моделей багатокритеріального оцінювання ТС. Використовувані **методи:** системний аналіз, теорія прийняття рішень, теорія ідентифікації, методи багатокритеріальної оптимізації. Отримані такі результати. Для підвищення адекватності моделей багатofакторного оцінювання ТС запропоновано використовувати функцію корисності часткових критеріїв, що дозволяє реалізувати не тільки лінійні, опуклі або увігнуті, але і  $S(Z)$ -образні залежності від їх значень. Для розв'язання задачі параметричного синтезу моделей багатокритеріального оцінювання ТС удосконалений метод компараторної ідентифікації переваг ОПР на основі процедур обчислення чебишовської точки і вектора нев'язки. Проведено експериментальне дослідження ефективності запропонованого варіанту методу. **Висновки.** Застосування запропонованої функції в адитивно-мультиплікативних моделях багатofакторного оцінювання ТЗ не вносить змін до методів вибору їхніх параметрів. Запропоноване удосконалення методу компараторної ідентифікації переваг ОПР на основі процедур обчислення чебишовської точки та вектора нев'язки для параметричного синтезу моделей багатокритеріального оцінювання ТЗ дозволяє охопити всі практично важливі ситуації вибору, що подаються бінарними відношеннями еквівалентності, строгої та нестрокої переваг. Експериментальне дослідження методу підтверджує підвищення ефективності побудованих на його основі процедур параметричного синтезу моделей у порівнянні з методом групового обліку аргументів на основі генетичних алгоритмів. Практичне застосування отриманих результатів у системах підтримки прийняття багатокритеріальних проектних і управлінських рішень дозволить підвищити їх точність і на цій основі підвищити функціонально-вартісну ефективність сучасних ТЗ.

**Ключові слова** технологічна система, проектування, реінжиніринг, оптимізація, критерії якості, модель багатокритеріального оцінювання, функція корисності, поліном Колмогорова-Габора.

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Предметом** изучения в статье является проблема многокритериальной оценки свойств технологических систем (ТС) в процессе их структурно-параметрической оптимизации. **Целью** исследования является повышение эффективности процедур многокритериальной оценки свойств ТС на этапах их проектирования и реинжиниринга с использованием технологий компараторной параметрической идентификации предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР). **Задачи:** повысить адекватность аддитивно-мультипликативной модели многофакторного оценивания вариантов построения ТС, построенной на основе полинома Колмогорова-Габора; разработать эффективный метод параметрического синтеза адитивно-мультипликативных моделей многофакторного оценивания и выбора вариантов построения ТС на основе предпочтений ЛПР; провести анализ и дать рекомендации по практическому использованию предложенного метода параметрического синтеза моделей многокритериального оценивания ТС. Используются **методы:** системный анализ, теория принятия решений, теория идентификации, методы многокритериальной оптимизации. Получены следующие **результаты.** Для повышения адекватности моделей многофакторного оценивания ТС предложено использовать функцию полезности частных критериев, позволяющую реализовать не только линейные, выпуклые или вогнутые, но и  $S(Z)$ -образные зависимости от их значений. Для решения задачи параметрического синтеза моделей многокритериального оценивания ТС усовершенствован метод компараторной идентификации предпочтений ЛПР на основе процедур вычисления чебышевской точки и вектора невязки. Проведено экспериментальное исследование эффективности предложенного варианта метода. **Выводы.** Применение предложенной функции в адитивно-мультипликативных моделях многофакторного оценивания ТС не вносит изменений в методы выбора их параметров. Предложенное усовершенствование метода компараторной идентификации предпочтений ЛПР на основе процедур вычисления чебышевской точки и вектора невязки для параметрического синтеза моделей многокритериального оценивания ТС позволяет охватить все практически важные ситуации выбора, описываемые бинарными отношениями эквивалентности, строгого, нестрокого предпочтений. Экспериментальное исследование метода подтверждает повышение эффективности построенных на его основе процедур параметрического синтеза моделей по сравнению с методом группового учета аргументов на основе генетических алгоритмов. Практическое применение полученных результатов в системах поддержки принятия многокритериальных проектных и управленческих решений позволит повысить их точность и на этой основе повысить функционально-стоимостную эффективность современных ТС.

**Ключевые слова:** технологическая система, проектирование, реинжиниринг, оптимизация, критерии качества, модель многокритериального оценивания, функция полезности, полином Колмогорова-Габора

V. VARTANIAN, YU. ROMANENKOV, YU. PRONCHAKOV, T. ZIEINIIEV

## INFORMATION TECHNOLOGY OF RATIONAL RESOURCE ALLOCATION IN THE SYSTEM OF BUSINESS PROCESSES OF THE ORGANIZATION

The problem of rational distribution of investment resources among individual business processes of the organizational and technical system is considered taking into account the real characteristics of the primary data (in particular, the interval uncertainty of expert assessment). The **subject matter** of the study is the models and methods of information technology of rational distribution of resources in the system of business processes of the organization, the **goal** is to ensure the quality of organization management by creating applied information technology of rational resource distribution in the system of business processes taking into account the interval of expert assessments. The following **tasks** were solved in the work: the matrix method for assessing the level of efficiency of the hierarchical system of business processes of the organization was developed; methods and means of infographic analysis of aggregated indices of multidimensional objects and systems were developed; an optimization model of resource distribution in the system of business processes of the organization was developed; the applied information technology of rational distribution of resources in the system of business processes of the organization was created. The following **methods** were used as the basis of the research methodology: the matrix analysis was used for developing the matrix method for assessing the level of efficiency of the hierarchical system of the organization business processes as well as for developing methods and tools for the infographic analysis of aggregated indices of multidimensional objects and systems; the methods of linear programming and interval analysis were used for developing an optimization model of resource distribution in the system of business processes of the organization; the principles of system analysis were used for developing applied information technology, rational allocation of resources in the system of business processes of the organization. As a **result**, the methodical support of information technology for the rational distribution of resources in the system of business processes of the organization was developed. The place of the described models is shown in the process of supporting decisions on distributing resources in the system of business processes of the organization taking into account the interval of expert assessments.

**Keywords:** information technology, business process, interval methods, expert assessment.

### Introduction

The present trends in management reflect mainstreaming information technologies (IT) in the managerial decision loop. It is connected with the continuous growth of data amount on production objects and processes, the expansion of the organization and technical systems (OTS), and the spread of information technologies in general.

The desire to use all available information in the process of making decisions leads, on the one hand, to the increase in the degree of validity of managerial decisions, and on the other hand, to the inevitable increase in the role of man-machine decision support systems (DSS). In this case, the methodological support of such systems should reflect the entire range of uncertainties inherent in the decision-making process [1].

The number and variety of methods used to solve similar tasks are caused by the multivariate methods of formalizing individual functions and properties of the organization [2]. Practical application of such models and methods, as a rule, is characterized by a limited time for modelling, the lack of qualifications or information for efficient modelling, weak reliability in dealing with fuzzy data, and inter-level inconsistency between decision makers.

A separate circumstance inherent in the decision-making process in complex OTS is the use of expert assessments in a number of practical tasks as initial management information.

All these objective circumstances stimulate creating applied specialized IT for solving practical control problems on the basis of models and methods that take into account the real characteristics of the primary data (their volume, accuracy, uncertainty, and so on).

### Analysis of literary sources and problem statement

Among the urgent tasks of strategic management of OTS in the context of this study are the following:

- the task of assessing the efficiency of OTS internal structure and functional areas;
- the task of rational distribution of resources in the OTS business process system.

The problem of managing the efficiency of business processes [3] resulted in the whole scientific area where researchers consider various aspects. For example, the works [4, 5] deal with the general issues of business modelling, the work [6] focuses on the issues of economic and mathematical modelling, the works [7–10] highlight the problems of system efficiency assessment, the works [11, 12] emphasize the issues of the synthesis of OTS optimal control models, the works [13–15] are devoted to the development of methodological tools.

Despite the detailed and comprehensive study of the aspects of the above problem, the following tasks remain topical:

- the development of applied IT for solving practical tasks of managing the system of OTS business processes taking into account industry profile and current quality standards;
- the development of methodological support for such IT taking into account the real characteristics of the primary information (uncertainty, delay, inaccuracy, and so on).

### The goal and objectives of the research

The subject of the study is the models and methods of IT of rational distribution of resources in the system of OTS business processes, the goal is to ensure the quality

of the organization management by creating the IT of rational distribution of resources in the system of business processes taking into account the interval of expert assessments.

The tasks to be solved are the following:

1) to develop a matrix method for assessing the level of efficiency of the hierarchical system of the OTS business processes;

2) to develop methods and tools for infographic analysis of aggregated indices of multidimensional objects and systems;

3) to develop an optimization model for resource distribution in the system of OTS business processes;

4) to create an applied IT of rational distribution of the resources in the system of OTS business processes taking into account the interval of expert assessments.

### Matrix method for assessing the efficiency of the hierarchical system of business

According to [4], the system of OTS business processes can be represented by functional areas of activity (for example, the organizational structure of management, management system, marketing, the system of production organization, enterprise personnel, supply, marketing, etc.) [14].

Using the notation and logic adopted in [8], the methodology for assessing the level of relative efficiency of the hierarchical system of business processes in an organization taking into account the interval uncertainty of data.

The object of management (the base organization) is characterized by a set of vectors  $X_1, X_2, \dots, X_n$  that reflect the level of efficiency  $n$  of the organization business processes where each one consists of the components of relative indices of the efficiency of the corresponding business process:

$$\begin{aligned} X_1 &= [x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1l_1}], \\ X_2 &= [x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2l_2}], \\ &\dots \\ X_n &= [x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nl_n}], \end{aligned} \quad (1)$$

where  $l_1, l_2, \dots, l_n$  are the dimensions of  $X_1, X_2, \dots, X_n$  vectors.

The component  $x_{ij}$  is the relative efficiency of the  $j^{\text{th}}$  component of the  $i^{\text{th}}$  business process and is assessed by experts by comparing to similar business processes of business rivals.

Proceeding from the essence of  $x_{ij}$  indices, the area of their admissible value is the interval  $x_{ij} \in 0, 1$ , although it can be different depending on the grading scale chosen by experts. One corresponds to the maximum efficiency of the  $j^{\text{th}}$  component of the  $i^{\text{th}}$  business process in the group of assessed organizations.

A set of vectors (1) can be presented as the compound matrix  $\mathbf{X}_0$  of the following structure:

$$\mathbf{X}_0 = \begin{bmatrix} [X_1] & 0 & 0 & \dots & 0 \\ [ & X_2 & ] & 0 & \dots & 0 \\ \dots & & & & & \\ [ & & & X_k & & ] \\ \dots & & & & & \\ [ & & & & & X_n & ] & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

where  $X_k$  is the vector of maximum dimension from a set of  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ,  $l_k = \max_{i=1}^n l_i$ .

Let each  $n$  business process in the organization is characterized by the column vector of the coefficients of relative significance of a business process components

$$A_i = [\alpha_{i1} \quad \alpha_{i2} \quad \dots \quad \alpha_{il_i}]^T, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

where  $\alpha_{ij}$  is the coefficient of the relative significance of the  $j^{\text{th}}$  component of the  $i^{\text{th}}$  business process, and  $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$ ,  $\sum_{j=1}^{l_i} \alpha_{ij} = 1$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

A set of vectors (3) can be presented as the compound matrix  $\mathbf{A}$  built like  $\mathbf{X}_0$ :

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} [A_1]^T & 0 & 0 & \dots & 0 \\ [ & A_2 & ]^T & 0 & \dots & 0 \\ \dots & & & & & \\ [ & & & A_k & & ]^T \\ \dots & & & & & \\ [ & & & & & A_n & ]^T & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

where  $A_k$  is the vector of the maximum dimension from the set (3).

The product of matrices  $\mathbf{X}_0 \mathbf{A}$  is the square matrix with the dimension of  $n \times n$  which contains the relative efficiency  $n$  of business processes in the principal diagonal:

$$\mathbf{X}_0 \mathbf{A} = \begin{bmatrix} X_1 A_1 & X_1 A_2 & \dots & X_1 A_n \\ X_2 A_1 & X_2 A_2 & \dots & X_2 A_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_n A_1 & X_n A_2 & \dots & X_n A_n \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Let  $\mathbf{B}$  be determined as the matrix with the dimension of  $n \times n$  which contains the relative coefficients of the significance of business processes in the principal diagonal

$$B = \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \beta_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \beta_n \end{bmatrix}, \quad (6)$$

where  $\beta_i$  is the relative coefficient of the significance of the  $i^{\text{th}}$  -business process, where  $0 \leq \beta_i \leq 1, \sum_{i=1}^n \beta_i = 1, i = 1, 2, \dots, n$ .

The matrix  $X_0AB$  contains weighted relative efficiencies of all business processes in the principal diagonal:

$$X_0AB = \begin{bmatrix} \beta_1 X_1 A_1 & \beta_2 X_1 A_2 & \dots & \beta_n X_1 A_n \\ \beta_1 X_2 A_1 & \beta_2 X_2 A_2 & \dots & \beta_n X_2 A_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_1 X_n A_1 & \beta_2 X_n A_2 & \dots & \beta_n X_n A_n \end{bmatrix}. \quad (7)$$

The complex relative efficiency of OTS business processes can be found determining the trace of the matrix  $X_0AB$ :

$$E = tr X_0AB = \beta_1 X_1 A_1 + \beta_2 X_2 A_2 + \dots + \beta_n X_n A_n = \sum_{i=1}^n \beta_i X_i A_i. \quad (8)$$

**Interval extension.** When the expert assessments are presented as intervals, a set of vectors (3) is written as:

$$[A_i] = \left[ [\alpha_{i1}], [\alpha_{i2}], \dots, [\alpha_{in}] \right]^T, \quad i = \overline{1, n}, \quad (9)$$

where  $[\alpha_{ij}] = [\underline{\alpha}_{ij}, \overline{\alpha}_{ij}]$  is the interval coefficient of the relative significance of the  $j^{\text{th}}$  component of the  $i^{\text{th}}$  business process, and  $[\alpha_{ij}] \subset 0,1$ . It is obvious that the

character of point estimations  $\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} = 1, i = \overline{1, n}$  for the interval coefficients is not fulfilled but in the context of the task being solved is not significant.

The nature of the interval form of the coefficient  $[\alpha_{ij}]$  is caused by the procedure of expert assessing.

Along with the agreed point estimation, interval assessment can be used at various stages of the study. The idea of using data of this type consists in the natural desire of a researcher to take into account the uncertainty in solving the task. For example, if the LPP solution is unique in the interval context, the researcher gets, besides the decision itself, also a guarantee of the fact that it will remain unchanged under any combination of the interval coefficients of the model. The width of the intervals is assumed to be insignificant in comparison with the middle part of the corresponding intervals since otherwise the

problem will be actually set in the general form and cannot be solved by definition.

A set of vectors (9) can be presented as a compound interval matrix  $A$ :

$$A = \begin{bmatrix} [A_1]^T & 0 & 0 & \dots & 0 \\ [A_2]^T & 0 & \dots & 0 \\ \dots & & & & \\ [A_k]^T & & & & \\ \dots & & & & \\ [A_n]^T & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

where  $[A_k]$  is the interval vector of the maximum dimension from a set (9).

Let us suppose that the elements of the matrix (6) are also presented in the interval form:

$$B = \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & \dots & [\beta_{n-1}] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & [\beta_n] \end{bmatrix}, \quad (11)$$

where  $[\beta_i] = [\underline{\beta}_i, \overline{\beta}_i]$  is the interval estimation of the relative coefficient of the  $i^{\text{th}}$  business process, and  $[\beta_i] \subset 0,1$ .

The matrix  $XAB$  contains the interval estimations of the weighted relative efficiencies of all business processes in the organization in the principal diagonal:

$$XAB = \begin{bmatrix} \beta_1 X_1 A_1 & \beta_2 X_1 A_2 & \dots & [\beta_n] X_1 [A_n] \\ \beta_1 X_2 A_1 & \beta_2 X_2 A_2 & \dots & [\beta_n] X_2 [A_n] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_1 X_n A_1 & \beta_2 X_n A_2 & \dots & [\beta_n] X_n [A_n] \end{bmatrix}. \quad (12)$$

The interval estimation of the complex relative efficiency of business processes can be found determining the trace of the interval matrix  $XAB$ :

$$E = [\underline{E}, \overline{E}] = tr XAB = \beta_1 X_1 A_1 + \beta_2 X_2 A_2 + \dots + [\beta_n] X_n [A_n] = \sum_{i=1}^n [\beta_i] X_i [A_i] \quad (13)$$

Thus, the matrix method (with interval expansion) of assessing the level of the relative efficiency of the hierarchical system of OTS business processes is suggested; this method formalizes the hierarchical structure of the efficiency of business processes and, due to the matrix analytical form, enables assessing the efficiency of the structure of any order and dimension.

### Methods and means of infographic analysis of aggregated indices of multidimensional objects and systems

**The device for radial metric diagrams (RMD)** [13]. The RMD sets the  $n$ -plane metric space where the object is assessed, where  $n$  is a number of metrics  $p_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  that are reflected in the diagram rays (fig. 1).

When several RMDs that assess the object as a whole are built, they form a hierarchical structure. As a result of the convolution of a separate low-level RMD, the generalized index is developed on the basis of the values of metrics and the coefficients of their weight (significance); the value of this index is then placed on the corresponding ray of the complex upper-level RMD, as shown in fig. 2. Similarly, for an integrated RMD, an integral index can be obtained.

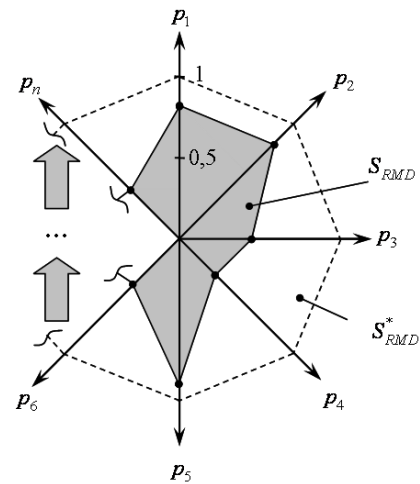


Fig. 1. RMD general view

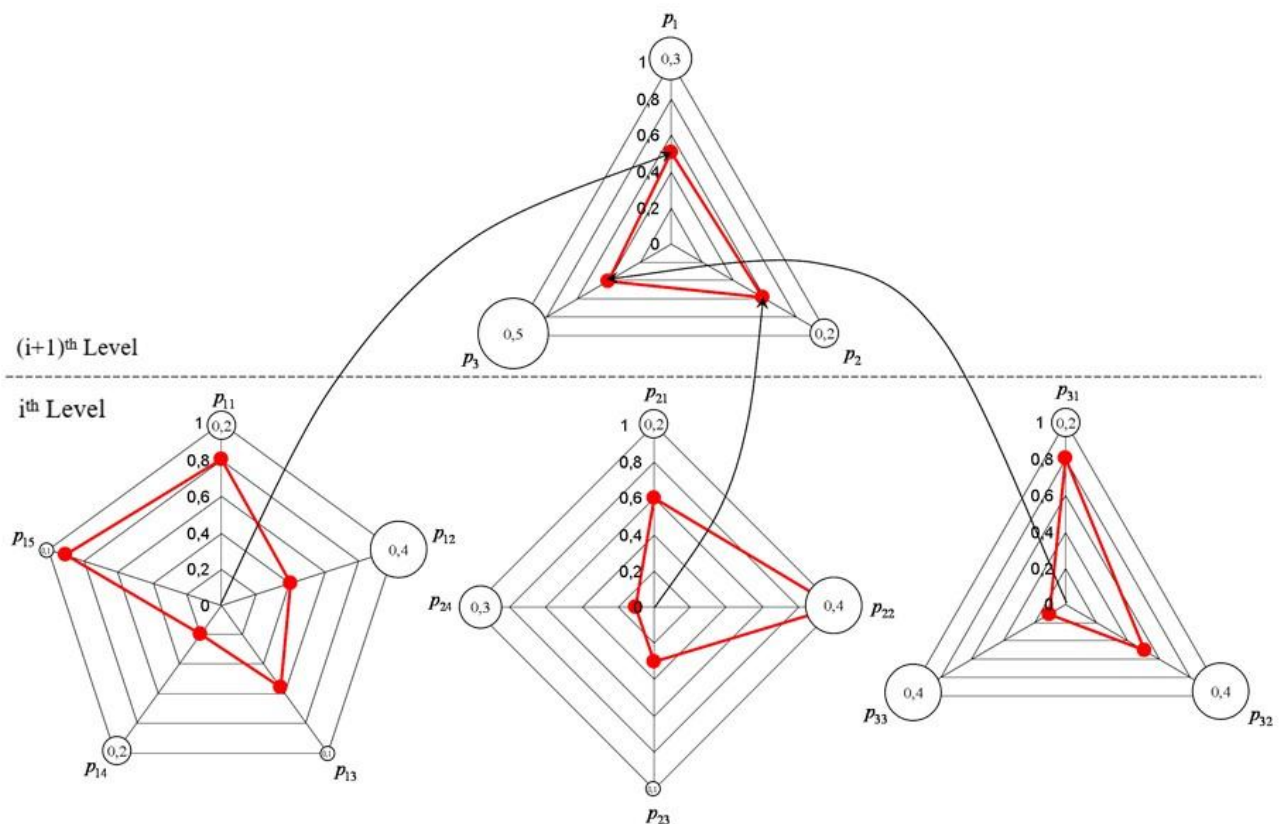


Fig. 2. The example of the convolution of radial metric diagrams

**The device for normalized diagrams (ND)** [13]. The ND is a column diagram of metrics  $p_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  according to which the object is assessed, and the width of a separate column is equal to the corresponding weight coefficient  $\alpha_i$  of the  $i$ -th metric (fig. 3).

Similar to RMDs, NDs can and should describe the multilevel hierarchical system of indices (metrics) as shown in fig. 4.

Based on the results of a comparative analysis of two means of multivariate analysis of aggregated indicators of organizational and technical systems, namely, RMD and ND, the following conclusions can be drawn:

1) radial metric and normalized diagrams are graphoanalytical models and enables visualizing the structure and significance of aggregated indicators of the OTS;

2) NDs are linear (invariant), while RMDs are nonlinear (noninvariant) with respect to metrics (to the order of metrics);

3) when analyzing linearly aggregated indices, the ND area, in contrast to the RMD area, has the geometric interpretation;

4) when analyzing multilevel (more than two) aggregated indices, it is preferable to use ND due to the strictness of the graphoanalytical apparatus and the consequences of Section 3.

**The optimization model of resource distribution in the system of OTS business process**

The urgent task in the context of the chosen method of formalization is selecting the variant of the rational

distribution of investment resources among individual business processes of the OTS.

The presented problem can be reduced to the classical linear programming problem (LPP) in the following way [16].

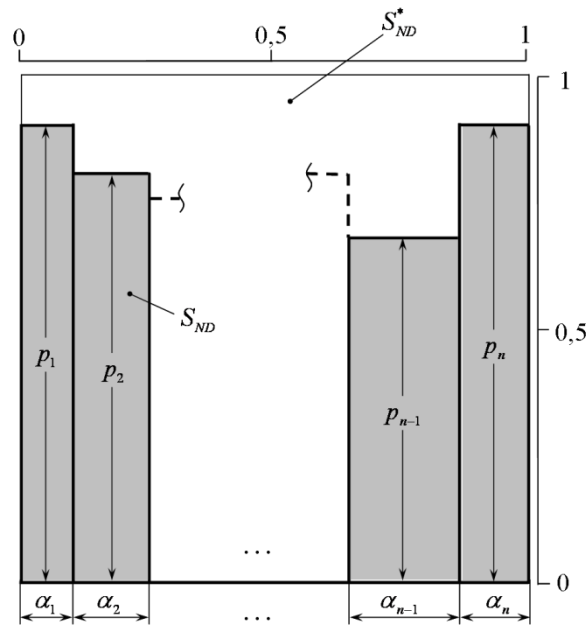


Fig. 3. ND general view

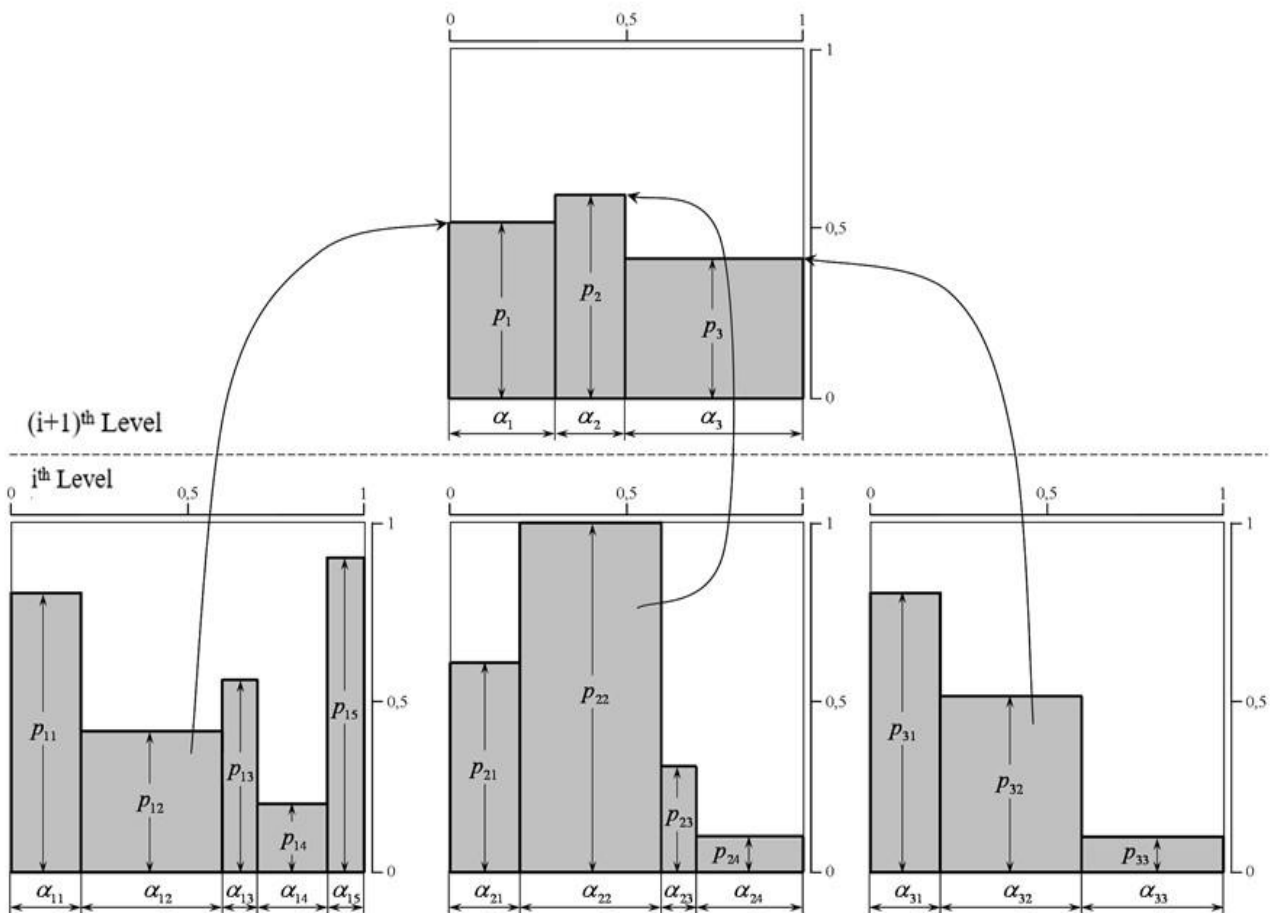
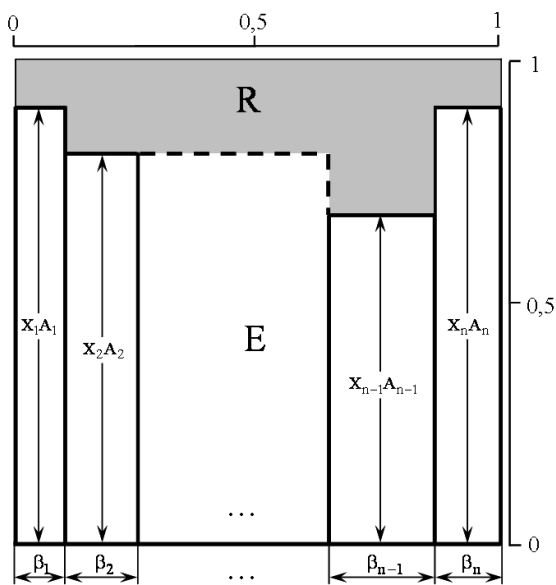


Fig. 4. The example of the convolution of normalized diagrams

Let a set of the elements of the main diagonal of the matrix **XAB** be presented as a normalized diagram as shown in fig. 5.



**Fig. 5.** The normalized diagram of the efficiency of OTS business processes

The complex relative efficiency of OTS business processes, according to (8), is numerically equal to the area of the figure *E* bounded by columns in the height that is equal to the level of the relative efficiency of the business process and in the width that is equal to the relative coefficients of the significance of the business process.

The area of the figure *R* which completes the figure of efficiency *E* to the square with the unit side characterizes the degree of the break, that is the difference between the ideal (reference) and the real state of the efficiency of OTS business processes.

The length of the break that is numerically equal to the area of the figure *R* in fig. 5, equals

$$R = 1 - E = 1 - \sum_{i=1}^n \beta_i X_i A_i. \quad (14)$$

Both the value of the break *R* and the value of the complex relative efficiency of business processes in the organization *E* can act as a functional in LPP up to a sign.

Let us formalize LPP in the standard form according to the set task and the notations introduced above.

Let *Q* be the vector of resources distributed for managing the marketability of the organization, whose components characterize the supplies of specific resources, for example, material, information, technological, personnel, and so on.

$$Q = [q_1, q_2, \dots, q_m], \quad (15)$$

where *m* is the amount of resource types.

Let  $c_{ij}$  be the amount of the resource of the *i*<sup>th</sup> type necessary for increasing the efficiency of the *j*<sup>th</sup> business process by 1% (table 1).

**Table 1.** Initial data for LPP in the standard form

Resource type	Resource supply	A number of resource units for 1% growth of the efficiency of a business process (BP)				
		$BP_1$	$BP_2$	...	$BP_{n-1}$	$BP_n$
1	$q_1$	$c_{11}$	$c_{12}$	...	$c_{1n-1}$	$c_{1n}$
2	$q_2$	$c_{21}$	$c_{22}$	...	$c_{2n-1}$	$c_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$m-1$	$q_{m-1}$	$c_{m-11}$	$c_{m-12}$	...	$c_{m-1n-1}$	$c_{m-1n}$
$m$	$q_m$	$c_{m1}$	$c_{m2}$	...	$c_{mn-1}$	$c_{mn}$

The function of increasing the complex efficiency of business processes in the organization is chosen as the target function:

$$Z = \Delta E = -\Delta R = 0,01 \sum_{j=1}^n \beta_j X_j A_j y_j \rightarrow \max, \quad (16)$$

where  $y_j$  is the amount of procedures aimed at increasing the efficiency of the *j*<sup>th</sup> business process.

Finally, LPP in the standard form will be the following: to ensure the maximum value of the target function (16) under limiting conditions

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n c_{ij} y_j \leq q_i, & i = \overline{1, m}, \\ y_j \geq 0, & j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (17)$$

The solution of LPP  $Y^* = [y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*]$  reflects

the optimum relationship among the amounts of procedures for increasing the efficiency of individual business processes in the organization.

Thus, the optimization mechanism for selecting strategies for increasing the marketability of an organization that is based on bringing the model of the strategic management of the business process efficiency to a linear programming model is suggested; this mechanism ensures the optimal distribution of resources among the amounts of procedures for increasing the efficiency of OTS individual business processes.

**Interval extension.** Suppose, that there is a set of strategies that consist of separate procedures aimed at improving business processes according to the cumulative principle.

The considered task with such assumptions can be reduced to LPP in the interval form.

A set of the elements of the main diagonal of the matrix (12) is presented as a normalized diagram for interval estimations (fig. 6).

The interval estimation of the complex relative efficiency of business processes in the organization according to (13) is limited from left by the area of the figure  $\underline{E}$  (the sum of areas of shaded rectangles in fig. 6) and from right by the area of the figure  $\overline{E}$  (the sum of areas of shaded rectangles in fig. 6). It is this evaluation that can serve as a functional in LPP, which in this case can be formalized in a standard form.

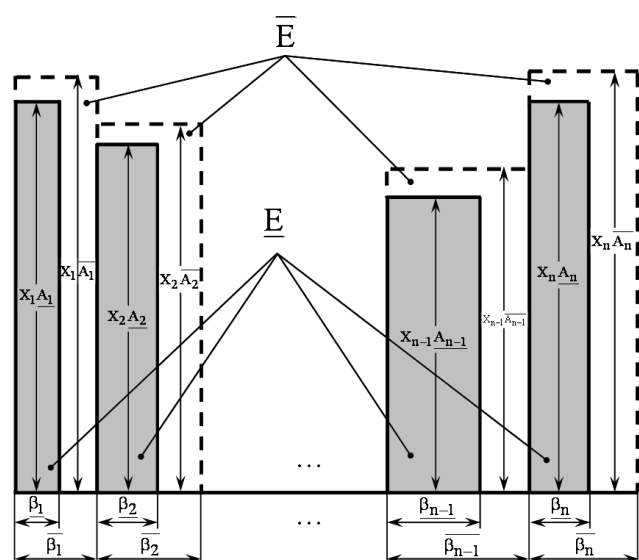


Fig. 6. The normalized diagram of the interval estimation of the efficiency of OTS business processes

The interval function of increasing the complex efficiency of the business process in the organization is used as a target function:

$$Z = \Delta E = 0,01 \sum_{j=1}^n [\beta_j] X_j [A_j] y_j \rightarrow \max, \quad (18)$$

where  $y_j$  is the amount of procedures aimed at increasing the efficiency of the  $j^{\text{th}}$  business process.

Finally, the interval LPP in a standard will be the following: to ensure maximal value of the interval target functions (18) under limiting conditions

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n c_{ij} y_j \leq q_i, \quad i = \overline{1, m}, \\ y_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (19)$$

It is evident, that there is LPP with the linear interval function.

According to [17], the interval task (18) – (19) can be reduced to two deterministic problems.

Lower boundary problem:

$$\begin{cases} \underline{Z} = \max, \\ \sum_{j=1}^n c_{ij} y_j \leq q_i, \quad i = \overline{1, m}, \\ y_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (20)$$

Upper boundary problem:

$$\begin{cases} \overline{Z} = \max, \\ \sum_{j=1}^n c_{ij} y_j \leq q_i, \quad i = \overline{1, m}, \\ y_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (21)$$

The task (18) – (19) is solved by solving their lower and upper boundary tasks:

$$Y^* \in M_l y \cap M_u y, \quad Z_{\max} = [\underline{Z}_{\max}, \overline{Z}_{\max}], \quad (22)$$

where  $M_l y, M_u y$  are sets of points  $y = y_1, \dots, y_n$  of solutions of the lower and upper boundary task,  $\underline{Z}_{\max}, \overline{Z}_{\max}$  are maximum values of the target functions of these tasks.

Any point from the set intersection  $M_l y, M_u y$  is taken as solution point in (22), and the interval from the maximum of the target function of the lower boundary task  $\underline{Z}_{\max}$  to the maximum of the target function of the upper boundary task  $\overline{Z}_{\max}$  is taken as the maximum value of the target function  $Z_{\max}$ .

The advantage of this approach to solving the interval problem of conditional optimization lies in the possibility of applying traditional, well-developed methods for solving deterministic optimization problems [17].

The solution of LPP  $Y^* = y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*$  reflects the optimum relationship among the amounts of procedures for increasing the efficiency of individual business processes in the organization in the context of any parameters of the system within the target intervals.

### The results of modelling

The structure of the information technology of the rational distribution of resources in the system of OTS business processes is shown in fig. 7.

The results of modelling are illustrated with the example whose initial data are presented in tables 2 – 4.

Table 2. Interval relative coefficients of the significance of OTS business processes

Business process	Relative coefficients of significance	Value
Marketing	$[\beta_1]$	$[0,34;0,36]$
The system of production organization	$[\beta_2]$	$[0,64;0,66]$

Table 3. Initial data for 2D LPP (example)

Resource type	Resource reserve	Specific quantity of the resource pecypca for 1% of efficiency growth	
		$BP_1$	$BP_2$
$q_1$	20	2	5
$q_2$	40	8	5
$q_3$	30	5	6

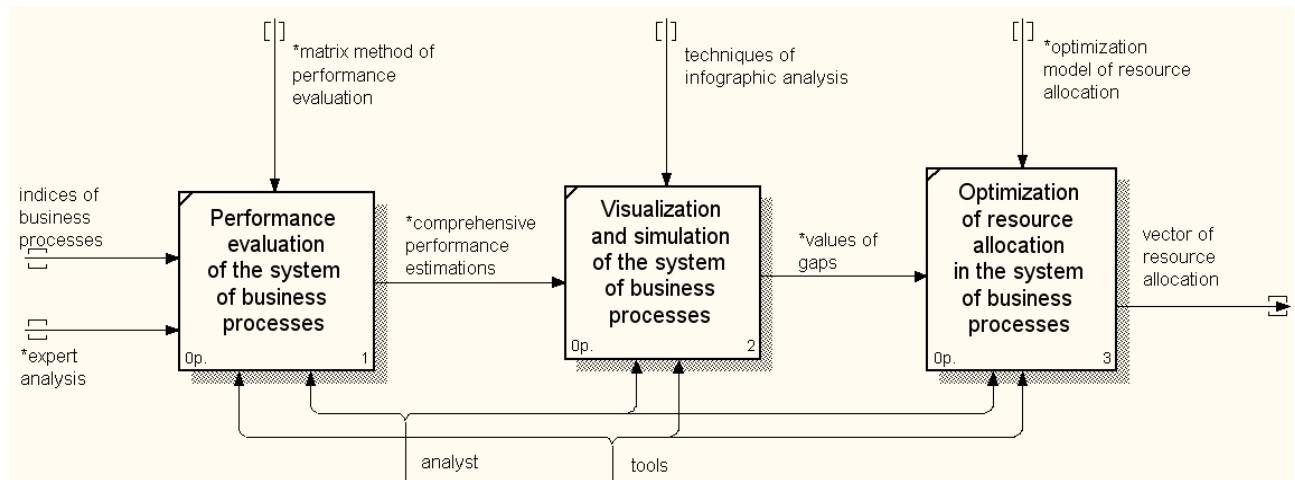


Fig. 7. The structure of the information technology of the rational distribution of resources in the system of OTS business processes

Table 4. The structure and features of business processes

Business process	The components of a business process	Relative efficiency of the component $x_{ij}$	Interval relative coefficient of significance of the component $[\alpha_{ij}]$
1. Marketing	1.1 The system of marketing organization	1	$[0,17;0,19]$
	1.2 The system of marketing research	0,9	$[0,17;0,19]$
	1.3 Assortment policy	0,8	$[0,15;0,17]$
	1.4 Pricing policy	0,8	$[0,15;0,17]$
	1.5 Communication policy	0,7	$[0,15;0,17]$
	1.6 Distributive policy	0,8	$[0,15;0,17]$
2. The system of production organization	2.1 Employment volume	0,8	$[0,9;0,11]$
	2.2 The main technologies used	0,8	$[0,11;0,13]$
	2.3 Innovations in the production process	0,8	$[0,11;0,13]$
	2.4 The degree of mastering the available technologies	0,8	$[0,12;0,14]$
	2.5 Technological base of an enterprise	0,9	$[0,14;0,16]$
	2.6 Production planning system	0,8	$[0,13;0,15]$
	2.7 The system of production quality support	0,8	$[0,13;0,15]$
	2.8 Labour productivity	0,7	$[0,9;0,11]$

The interval estimation of the complex relative efficiency of the business process in the organization is written according to (7):

$$E = tr \mathbf{X A B} = 0,74216;0,89322 .$$

The normalized diagram of the efficiency is presented in fig. 8.

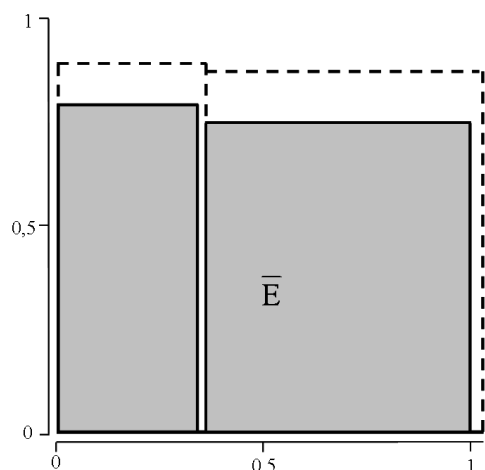
The interval target function is written according to (18):

$$Z = 0,01 \cdot 0,34;0,36 \cdot 0,788;0,888 \cdot y_1 + 0,01 \cdot 0,64;0,66 \cdot 0,741;0,869 \cdot y_2 \rightarrow \max,$$

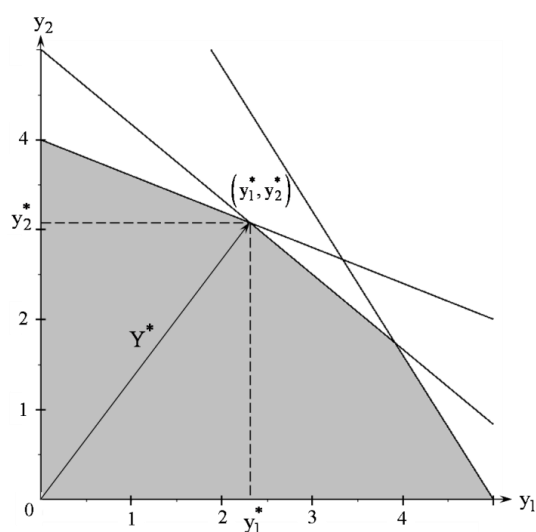
and limitations are written according to (19):

$$\begin{cases} 2y_1 + 5y_2 \leq 20, \\ 8y_1 + 5y_2 \leq 40, \\ 5y_1 + 6y_2 \leq 30, \\ y_1 \geq 0, \\ y_2 \geq 0. \end{cases}$$

For solving the lower (20) and upper (21) tasks the simplex method is used, this method is implemented in the simplex package of the system of the computerized algebra Maple (fig. 9).



**Fig. 8.** The normalized diagram of the efficiency of two business processes in the organization (example)



**Fig. 9.** The graphic presentation of restricting conditions with the use of graphical tools

The obtained optimal solution  $Y^* = y_1^*, y_2^* = \left(\frac{30}{13}, \frac{40}{13}\right)$ ,  $Z = 0,021; 0,025$  reflects the proportions for distributing resources for corresponding strategies under any combination of initial data within the given intervals.

### Conclusions

The problem of rational distribution of investment resources among the individual business processes of the organizational and technical system is considered.

The structure of applied information technology for the rational distribution of resources in the system of business processes of the organizational and technical system is developed taking into account the interval of expert assessments.

The methodological support of the developed information technology comprised:

- the matrix method (with interval extension) for assessing the level of the relative efficiency of the hierarchical system of OTS business processes that formalizes the hierarchical structure of business processes and enables assessing the efficiency of the structure of any order and dimension;

- the methods and means of infographic analysis and visualization of aggregated indices of multidimensional objects, in particular, normalized efficiency diagrams;

- the optimization model (with interval extension) of resource distribution in the system of OTS business processes.

### References

1. Vasylenko, V. A. (2003), *Theory and practice of developing managerial decisions : Textbook* [Teoriya i praktyka rozrobky upravlin'nykh kykh rishen' : Navchal'nyy posibnyk]. Kyiv : TSUL. 420p.
2. Vartanyan, V. M., Dmitrishin, D. V., Lysenko, A. I., Osiyevskiy, A. G. and others (2001), *Economic and Mathematical Support of Management Decisions in Management* [Ekonomiko-matematicheskoye obespecheniye upravlencheskikh resheniy v menedzhmente], Edited by V. M. Vartanyana. Kharkiv : KHGEU. 288 p.
3. Demina, Yu. V. (2011), Management Effectiveness and Ways to Improve [Effektivnost' menedzhmenta i puti yeye povysheniya]. *Modern scientific researches and innovations*. No. 4. Available at : URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/08/1710> (date of the application : 28.09.2017).
4. Zuyeva, A. G., Noskov, B. V., Sidorenko, Ye. V., Vsyakikh, Ye. I., Kiselev, S. P. (2008), *Practice and problems of modeling business processes* [Praktika i problematika modelirovaniya biznes protsessov]. Under the general editorship of I. A. Tresko. Moscow : DMK Press. Moscow: IT Co. 246 p.
5. Repin, V. V., Yeliferov, V. G. (2013), *Process approach to management. Modeling of business processes* [Protsessnyy podkhod k upravleniyu. Modelirovaniye biznes-protsessov]. Moscow : Mann, Ivanov i Ferber. 544 p.
6. Babenko, V. A. (2013), "Formation of economic-mathematical model for process dynamics of innovative technologies management at agroindustrial enterprises". *Actual Problems of Economics*. Volume 139. Issue 1. P. 182–186.
7. Golikova, G. V., Sheina, Y. V. (2015), "The Complex Approach to Management Efficiency Estimation in Social and Economic Systems". *Modern economy: problems and solutions*. No. 4 (4). P. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2010.4/819>.
8. Romanenkov, Yu. A., Zeyniyev, T. G. (2014), "Matrix method for estimating the level of relative effectiveness of the hierarchical system of business processes in an organization" ["Matrichnyy metod otsenki urovnya otноситel'noy effektivnosti iyerarkhicheskoy sistemy biznes-protsessov v organizatsii"]. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh i biznes-protsessov*. Odessa : ONAPT. No. 4 (20). P. 121–129.
9. Bilalova, I. M., Suleymanova, D. B. (2017), "The Problems of Assessing the Effectiveness of Business Processes and the Ways of Their Resolving" ["Problemy otsenki effektivnosti biznes-protsessov i puti ikh resheniya"]. *Modern problems of science and education*. No. 5. P. 131–136.

10. Skopina, I. V. (2010), "Modeling the Effectiveness of Socio-Economic Systems" ["Modelirovaniye effektivnosti sotsial'no-ekonomicheskikh system"]. *UEPS*. No. 24. P. 213–221.
11. Shorikov, A. F., Babenko, V. A. (2014), "Optimization of Assured Result in Dynamical Model of Management of Innovation Process in the Enterprise of Agricultural Production Complex". *Economy of Region*. Issue 1. P. 196–202.
12. Romanenkov, Yu. A., Vartanyan, V. M., Zeyniyev, T. G. (2016), "Interval Optimization Model of Resource Allocation in the System of Business Processes of the Organization" ["Interval'naya optimizatsionnaya model' raspredeleniya resursov v sisteme biznes-protsessov organizatsii"]. *Mathematical and computer modelling. Series: Technical sciences: scientific journal. V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University*. Issue 13. P. 126–138.
13. Romanenkov, Yu. A., Vartanyan, V. M., Pronchakov, Yu. L., Zieiniyev, T. G. (2016), "Infographic analysis tools of aggregate criteria of multidimensional objects and systems" ["Sredstva infograficheskogo analiza agregirovannykh pokazateley mnogomernykh ob'yektov i system"]. *Information Processing Systems*. No. 8. P. 157–165.
14. Vartanyan, V. M., Stelyuk, B. B., Golovanova, M. A., Dronova, I. V. (2009), Models, methods and tools for decision support in high-tech high-tech production : monograph [Modeli, metody i instrumental'nyye sredstva podderzhki prinyatiya resheniy v naukoymkom vysokotekhnologicheskoye proizvodstvo : monografiya]. Kharkiv: "INJEK" Publishing House. 224 p.
15. Makhmetova, A.-Zh. Ye. (2014), "Methodological Tools for Analysis and Assessment of Business Processes" ["Metodicheskiy instrumentariy analiza i otsenki biznes-protsessov predpriyatiy"]. *Bulletin of the Saratov State Socio-Economic University*. No. 2. P. 69–72.
16. Romanenkov, Yu. A., Vartanyan, V. M., Zieiniyev, T. G. (2014), "Optimization Mechanism of Choosing Competitive Growth Strategies of an Organization" ["Optimizatsionnyy mekhanizm vybora strategiy povysheniya konkurentosposobnosti organizatsii"]. *Radioelectronic and Computer Systems*. No. 4 (68). P. 150–156.
17. Levin, V. I. (2015), "Interval Approach to Optimization with Uncertainty". *Systems of Control, Communication and Security*. No. 4. P. 123–141. Available at : URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2015-04/07-Levin.pdf> (date of the application 29.03.2016).

Receive 12.10.2017

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

**Вартанян Василій Михайлович** – доктор технічних наук, професор, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", завідувач кафедри менеджменту, м. Харків, Україна; e-mail: [vartanyan\\_vm@ukr.net](mailto:vartanyan_vm@ukr.net); ORCID: 0000-0001-9428-2763.

**Вартанян Василій Михайлович** – доктор технических наук, профессор, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", заведующий кафедрой менеджмента, г. Харьков, Украина; e-mail: [vartanyan\\_vm@ukr.net](mailto:vartanyan_vm@ukr.net); ORCID: 0000-0001-9428-2763.

**Vartanian Vasily** – Doctor of Sciences (Engineering), Profesor, National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Head of the Department of Management, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [vartanyan\\_vm@ukr.net](mailto:vartanyan_vm@ukr.net); ORCID: 0000-0001-9428-2763.

**Романенков Юрій Олександрович** – доктор технічних наук, доцент, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", професор кафедри менеджменту, м. Харків, Україна; e-mail: [KhAI.management@ukr.net](mailto:KhAI.management@ukr.net); ORCID: 0000-0002-3526-7237.

**Романенков Юрий Александрович** – доктор технических наук, доцент, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", профессор кафедры менеджмента, г. Харьков, Украина; e-mail: [KhAI.management@ukr.net](mailto:KhAI.management@ukr.net); ORCID: 0000-0002-3526-7237.

**Romanenkov Yuriy** – Doctor of Sciences (Engineering), Docent, National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Professor at the Department of Management, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [KhAI.management@ukr.net](mailto:KhAI.management@ukr.net); ORCID: 0000-0002-3526-7237.

**Прончаків Юрій Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", декан факультету економіки та менеджменту, м. Харків, Україна; e-mail: [pronchakov@gmail.com](mailto:pronchakov@gmail.com) , ORCID: 0000-0003-0027-1452.

**Прончаків Юрий Леонидович** – кандидат технических наук, доцент, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", декан факультета экономики и менеджмента, г. Харьков, Украина; e-mail: [pronchakov@gmail.com](mailto:pronchakov@gmail.com), ORCID: 0000-0003-0027-1452.

**Pronchakov Yuriy** – PhD (Engineering Sciences), Docent, National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Dean of the Faculty of Economics and Management, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [pronchakov@gmail.com](mailto:pronchakov@gmail.com); ORCID: 0000-0003-0027-1452.

**Зейнієв Теймур Гідаятович** – Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", асистент кафедри економіки і маркетингу, м. Харків, Україна; e-mail: [teymur\\_ztg@mail.ru](mailto:teymur_ztg@mail.ru); ORCID: 0000-0001-8418-7818.

**Зейниев Теймур Гидаятович** – Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", ассистент кафедры экономики и маркетинга, г. Харьков; e-mail: [teymur\\_ztg@mail.ru](mailto:teymur_ztg@mail.ru); ORCID: 0000-0001-8418-7818.

**Zieiniyev Teimur** – National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Assistant Professor at the Department of Economics and Marketing, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [teymur\\_ztg@mail.ru](mailto:teymur_ztg@mail.ru); ORCID: 0000-0001-8418-7818.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ В СИСТЕМІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ

Розглянуто задачу раціонального розподілу інвестиційних ресурсів між окремими бізнес-процесами організаційно-технічної системи з урахуванням реальних характеристик первинних даних (зокрема, інтервальної невизначеності експертних оцінок). **Предметом** дослідження є моделі і методи інформаційної технології раціонального розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації, **метою** – забезпечення якості управління організацією шляхом створення прикладної інформаційної

технології раціонального розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів з урахуванням інтервальності експертних оцінок. В роботі вирішені наступні **завдання**: розроблений матричний метод оцінювання рівня ефективності ієрархічної системи бізнес-процесів організації; розроблені методи і засоби інфографічного аналізу агрегованих показників багатовимірних об'єктів і систем; розроблена оптимізаційна модель розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації; створена прикладна інформаційна технологія раціонального розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації. В основу методології дослідження покладено такі **методи**: матричний аналіз – при розробці матричного методу оцінювання рівня ефективності ієрархічної системи бізнес-процесів організації, а також при розробці методів і засобів інфографічного аналізу агрегованих показників багатовимірних об'єктів і систем; методи лінійного програмування та інтервального аналізу - при розробці оптимізаційної моделі розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації; принципи системного аналізу - при розробці прикладної інформаційної технології раціонального розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації. В **результаті** розроблено методичне забезпечення інформаційної технології раціонального розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації. Показано місце описаних моделей в процесі підтримки прийняття рішень щодо розподілу ресурсів в системі бізнес-процесів організації з урахуванням інтервальності експертних оцінок.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, бізнес-процес, інтервальні методи, експертне оцінювання

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ**

Рассмотрена задача рационального распределения инвестиционных ресурсов между отдельными бизнес-процессами организационно-технической системы с учетом реальных характеристик первичных данных (в частности, интервальной неопределенности экспертных оценок). **Предметом** исследования являются модели и методы информационной технологии рационального распределения ресурсов в системе бизнес-процессов организации, **целью** – обеспечение качества управления организацией путем создания прикладной информационной технологии рационального распределения ресурсов в системе бизнес-процессов с учетом интервальности экспертных оценок. В работе решены следующие **задачи**: разработан матричный метод оценивания уровня эффективности иерархической системы бизнес-процессов организации; разработаны методы и средства инфографического анализа агрегированных показателей многомерных объектов и систем; разработана оптимизационная модель распределения ресурсов в системе бизнес-процессов организации; создана прикладная информационная технология рационального распределения ресурсов в системе бизнес-процессов организации. В основу методологии исследования положены следующие **методы**: матричный анализ – при разработке матричного метода оценивания уровня эффективности иерархической системы бизнес-процессов организации, а также при разработке методов и средств инфографического анализа агрегированных показателей многомерных объектов и систем; методы линейного программирования и интервального анализа – при разработке оптимизационной модели распределения ресурсов в системе бизнес-процессов организации; принципы системного анализа – при разработке прикладной информационной технологии рационального распределения ресурсов в системе бизнес-процессов организации. В **результате** разработано методическое обеспечение информационной технологии рационального распределения ресурсов в системе бизнес-процессов организации. Показано место описанных моделей в процессе поддержки принятия решений по распределению ресурсов в системе бизнес-процессов организации с учетом интервальности экспертных оценок.

**Ключевые слова:** информационная технология, бизнес-процесс, интервальные методы, экспертное оценивание

A. GERMASHEV, V. LOGOMINOV, Y. KOZLOVA, V. KRISHTAL

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF HIGH-SPEED MILLING OF THIN-WALLED ELEMENTS OF PARTS OF COMPLEX GEOMETRIC SHAPES

Thin-walled elements of complex geometric shapes are widely used in the aerospace and other industries. They are obtained by various methods of machining using modern numerically controlled machines. The fundamental factors for manufacturing of parts are the productivity and machining quality. The **subject** matter of the article is the vibration during high-speed milling of thin-walled elements of parts of complex geometric shapes. The **aim** of the article is to determine the possibility of increasing the efficiency of high-speed milling of thin-walled parts by finding vibration-proof processing conditions. To achieve the goal, the following **tasks** have been set and implemented: considering the features of high-speed milling of thin-walled elements of parts with complex geometric shapes, developing a technique for investigating the milling process, and identifying stable machining conditions for high-speed milling of thin-walled components. The **methods** of oscillation fixation during machining and statistical analysis of experimentally obtained results are used. The following results are obtained: the design of the experimental bench is suggested to study the process of milling thin-walled elements of parts, the technique of obtaining a quantitative characteristic of the milling conditions, which is based on determining the position of a part at the moment when a milling tooth is cutting into it is offered, and the stable machining conditions for high-speed milling of thin-walled elements of parts are determined. **Conclusions.** The decisive role of the spindle rotational velocity in achieving a low vibration level has been experimentally proven, under the conditions of high-speed milling in a vibration-resistant range of spindle velocities both the radial depth and the feed can be increased without losses in the quality of machining.

**Keywords:** thin-walled element, elastic system, oscillations, high-speed processing, pierce point.

### Introduction

Parts that have thin-walled elements are widely used in the aerospace industry, for example, blades of axial and centrifugal disks of a gas turbine engine (GTE). Vibrations occur while machining such parts due to their moderate rigidity; they worsen the roughness of a machined surface and the dimensional accuracy.

Low indices of the surface roughness are very important for parts that are encircled by liquid or gas flows. The increase of the roughness leads to the more rapid transition of the laminar boundary layer to the turbulent one, which increases the total force of the friction resistance. Therefore, the improvement of the quality of a machined surface and blades of GTE disks boosts the engine efficiency, the endurance strength, and the resistance to the crack formation of critical parts that operate under high dynamical loads, and the increase of the dimensional accuracy of manufactured thin-walled parts promotes more balanced operation of the engine and increasing its service life and repair intervals.

Modern trends in the development of industry require manufacturing more complex geometric shapes of parts. In addition, the machine-building industry seeks to minimize a number of assembly units by switching to monolithic parts, which makes an important contribution to the complication of their structures and the increase in the number of thin-walled elements. It is also worth noting that one of the main directions of mechanical engineering today is energy efficiency, that is, the reduction of structures weight. This issue is the most important in the aviation industry, where the strength and lightness of parts are especially required.

Monolithic thin-walled parts of a complex shape are manufactured by removing up to 90% of a part allowance, which lays down high demands for the performance of this process. The issues of increasing the efficiency of machining costs are considered along with the reduction of the roughness of a machined surface and geometrical

accuracy, where the latest aspects go to the foreground only during the finishing process.

### Analysis of literary sources and problem setting

Fists fundamental steps in estimating the maximum performance of the process of machining were made in the mid-1950s. Researching conducted by V. A. Kudinov [1], J. Tlusty and others [2], S. A. Tobias, W. A. Fishwick [3] enabled using the physical essence of regenerative self-oscillations excitation for creating the theory for determining stable conditions of machining.

Underlying principles of the regenerative theory of stability were worked out by S. A. Tobias [4] and J. Tlusty [5], who studied the interaction of the dynamics of the structure of a machine tool system and the dynamics of the cutting process. They determined the regeneration and the coordinate link as a main mechanism of self-oscillations during machining. H. E. Merritt [6] suggested using the regeneration and the laws of laying waves that appear due to self-oscillations on the surface of cutting in order to determine the stability of orthogonal turning. This approach was further developed by many researchers and was used as a source for estimating so-called stability lobe diagrams which are widely used today to determine the maximum possible axial depth of cut (the stability boundary) when the spindle is rotating with the greatest velocity or velocity.

This approach was initially developed for turning, although self-oscillations occur in many processes of metal finishing. When stability lobe diagrams were developed, they started to be used for other operations as well, including milling. Tlusty J. [7, 8] conducted a detailed analysis of milling stability based on the theory of regeneration self-oscillations. The fact that this type of machining has an intermittent character of the cutting force, that is linked with the entry and exit points of milling cutters, was taken into account in the later algorithm of estimating the milling stability [9–11].

Considering high-speed milling of parts of complex geometric shapes requires clear understanding the peculiarities of this process which lie in the fact the process of machining is intermittent when cutting with a single milling cutter is replaced with free motion of the instrument and the part. This phenomenon is caused by a small arc of a milling cutter contact and a part that is being machined due to low radial and axial depths of cut. It should be noted that the value of the axial depth is limited by the complex shape of a part that can be obtained because of the line small size. The axial depth can be increased; however, this parameter is artificially decreased since a part is machined with a small-diameter instrument or thin-walled elements are machined. The probability of vibrations is very high under such conditions, and to minimize it radial depths are decreased.

Self-oscillations attenuate at relatively low cutting velocities under the conditions of the intermittent cutting. Nevertheless, high-speed machining of thin-walled parts is one of the most difficult cases in the sphere of metal finishing. The authors concluded that the vibration stability of milling thin-walled parts is based on forced oscillations but not on self-oscillations. Depending on the combination of dynamic characteristics of a machined part and excitation frequencies of the system, it is possible to

predict the state of milling, the level of vibrations and the quality of a machined surface.

### The goal of the research

The goal of this work is to determine probabilities of enhancing the efficiency of machining by increasing the radial velocity and feed as well as the impact of these parameters on the vibration stability of milling.

### Research materials and methods

To study the process of milling thin-walled parts, the bench is suggested, which is shown in fig. 1. The detailed information about this bench is given in works [12, 13]. The gripping device is a heavy base that is placed on the table of a milling machine through the electric insulation and is designed to fix a springing element (of a thin-walled plate) securely. A machined sample is rigidly fixed on the plate. The sample is moved while milling due to the thrust force of the milling cutter; the displacement transducer measures the length of the motion according to the change of the gap clearance -  $\Delta$ .

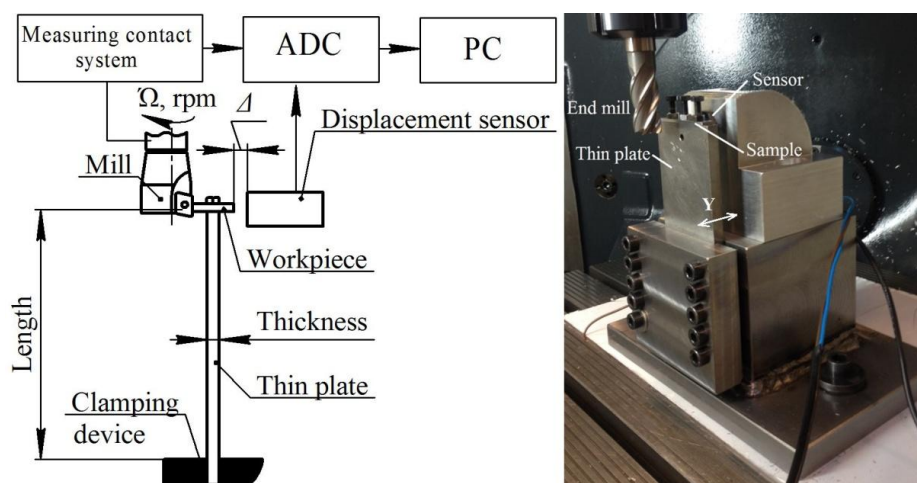


Fig. 1. The experimental bench for studying the high-speed milling of thin-walled parts

The system of measuring the contact conditions of an instrument with a part was added to the bench [14, 15]. When a milling cutter contacts a machined sample, an electric signal is fed through the mobile current collector to the ADC (analogue-to-digital converter). The signal from the current collector and the signal of the sample motion are recorded simultaneously, which enables their highly accurate overlapping (fig. 2). The system of measuring the contact between the milling machine and the instrument is a key element of the experimental bench for studying the process of intermittent cutting as it enables dividing the oscilloscope record of a part oscillation into the process of cutting and the idling.

Fig. 2 shows the fragment of the process of a part machining by the measuring equipment of the experimental bench. The overlap of two signals enables determining the moment when a tooth of the milling cutter starts contacting a sample being machined (the pierce

point), the sites of a probable exit of a milling cutter from the tooth engagement with the allowance within the arc of their contact, and the end of cutting (the exit point).

Fig. 2 (a) shows the ideal case when a part remains in one and the same position at the beginning of cutting, that is when its disalignment from the equilibrium along the Y axis does not change at the pierce point. In this case, the elimination of the allowance by each tooth of a milling cutter occurs under the same conditions.

In fig. 2 (b) the pierce point changes its position along the axis of the part deviation, while the length of the allowance also differs each time when the tooth of the milling cutter is cutting. Multiple repetitions of this process lead to a significant deterioration in the quality of machining, which is characterized by the high waviness, as well as by the increase in the amplitude of oscillation of a part.

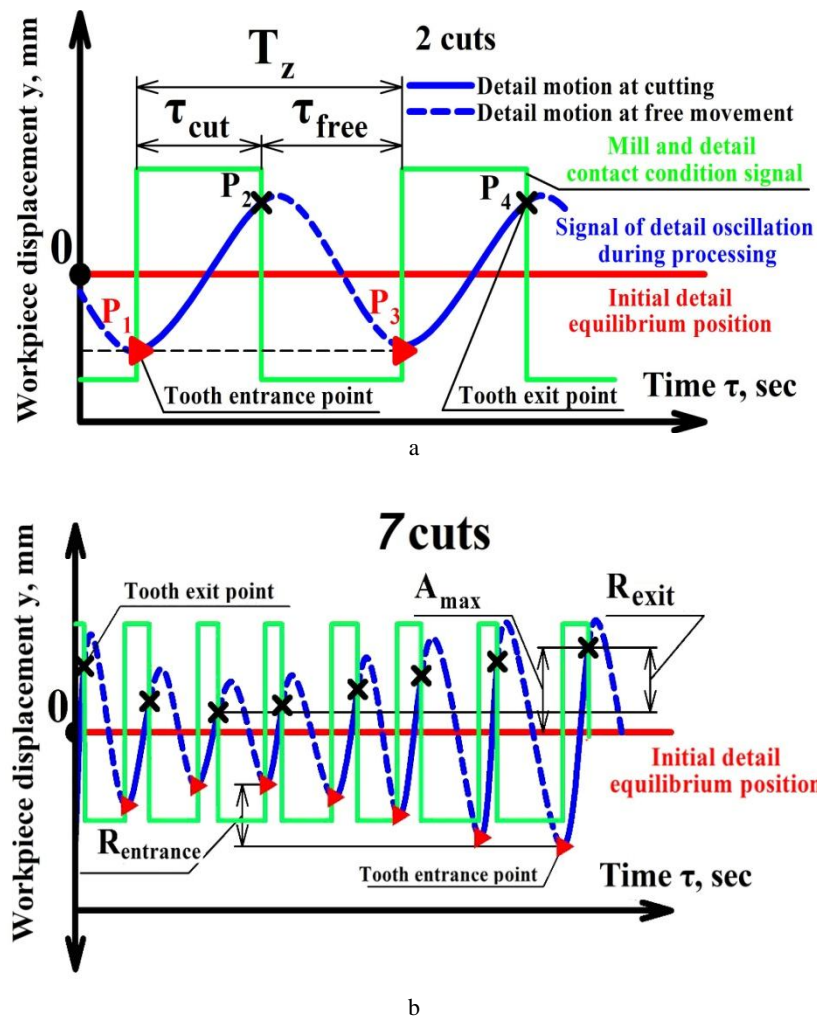


Fig 2. Fragments of the record of the machining process

To obtain a quantitative description of the conditions for milling thin-walled parts, the amplitude of the pierce point,  $R_{entry}$ , was estimated. This value characterizes the difference between the maximum and minimum deviation of a part at the beginning of cutting during the entire process of machining.

The experimental studies were carried out on a numerically controlled milling machine DMU 50., A knee-type clamped plate 6 mm thick ( $h = 6$  mm) and 60 mm wide ( $b = 60$  mm) was used as a springing element, the overhang of the plate was 80 mm, the material used was St 65 G. The sample made of the material St 3 was rigidly fixed at the exposed end of the plate. The metalworking was carried out with a carbide end cylindrical 4-tooth milling cutter, with the diameter of 20 mm, the flank angle of the helical cutting rim  $\omega$  was equal to 330. The frequency of natural oscillations of the springing system (SS) of a thin-walled part  $f_{no}$  was equal to 565 Hz, the damping coefficient  $\xi$  was equal to 0.02, the stiffness  $C$  was equal to 1000 N/mm.

In all experiments, the axial depth of cutting  $a_p$  was equal to 2 mm, the radial depth varied from  $a_e = 0.25$  mm to a  $a_e = 0.5$  mm, the feed to the tooth was from

$S_z = 0.3$  mm per tooth to  $S_z = 0.05$  mm per tooth, the feed direction was trailing. The lubricating-cooling technological medium was not used. That is, the experimental studies were carried out under the conditions that correspond to the modes of machining complex shaped parts, where the allowance is cut with small radial and axial depths.

Two series of experiments were conducted to consider the impact of the radial depth of cutting and feeding on the machining process. The milling dynamics was measured in the speed range from  $n = 500$  rpm to  $n = 10,000$  rpm. The step of changing the rotational speed of the spindle was 100 rpm. The analyzed parameter was the amplitude of a part position at the beginning of cutting.

### The results of the research and discussion

Fig. 3 shows the change of the amplitude of the pierce point  $R_{entry}$  obtained experimentally depending on the frequency of a spindle rotation when the radial depth  $a_e$  is equal to 0.5 mm and  $a_e$  is equal to 0.25 mm.

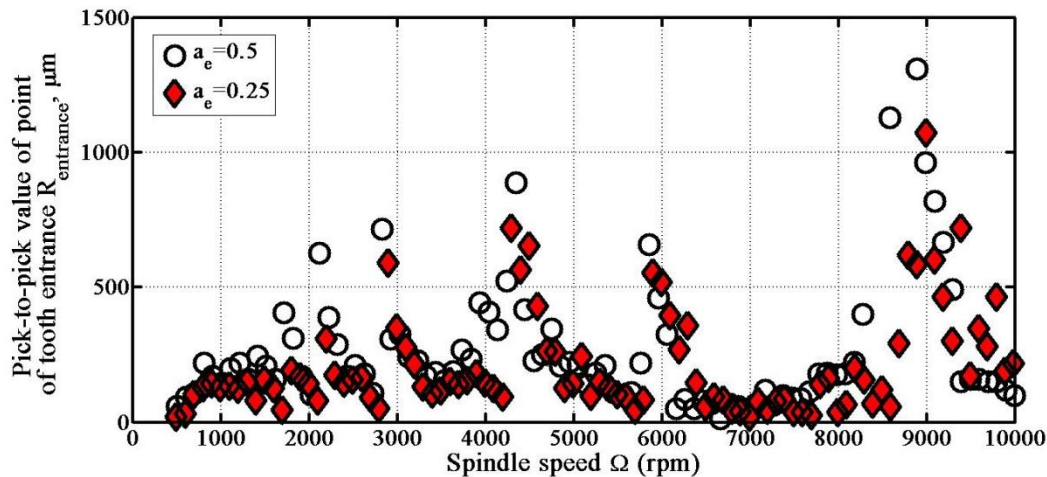


Fig. 3. The amplitude of the pierce point over a full range of radial depths

The results of the experimental study show that for both depths in the considered speed range, vibration-resistant machining conditions are observed ( $n = 1900$ – $2000$  rpm,  $n = 2500$ – $2800$  rpm,  $n = 3300$ – $3900$  rpm,  $n = 4700$ – $5700$  rpm,  $n = 6300$ – $8000$  rpm), as well as less vibration-resistant ones. Changing the speed of the spindle rotation helps change the amplitude of the pierce point by 10 or even more times. It should be noted that the speed ranges of stable and unstable cutting for both depths are equal because of the fact that during the high-speed milling the areas of optimal modes of machining depend on the characteristics of the system and on the excitation frequency. The areas of optimal machining occur when the frequencies of the spindle rotation are equal, taking into account the fact that the elastic system of a thin-

walled part and an instrument were the same in both experiments. The values of the pierce point amplitude of the considered radial depths, when the frequencies of the spindle rotation are equal, vary insignificantly (no more than 10 % in 95% of cases). If considering unstable conditions of machining, the amplitude of the pierce point for a greater radial depth would have higher values.

Thus, the right choice of the spindle rotation frequency which corresponds to the vibration-resistant range of frequencies of a spindle rotation enables increasing radial depths saving the low level of vibrations.

Fig. 4 shows the change of the pierce point position depending on the frequency of a spindle rotation when the feeds to the tooth are equal:  $S_z = 0,3$  mm per tooth and  $S_z = 0,5$  mm per tooth.

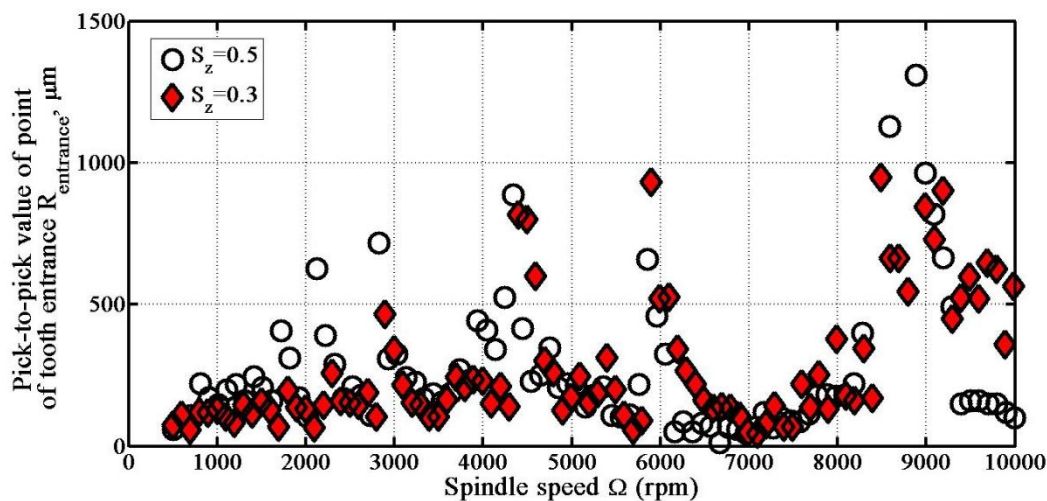


Fig. 4. The amplitude of the pierce point at various values of feeding to a tooth

Like in fig. 3, the vibration-resistant conditions of machining for the both considered values of changing the modes of cutting lie within the same speed ranges. They correspond to the ranges of the frequencies of the spindle rotation given for fig. 3 as the dynamic characteristics of a thin-walled part and the milling cutter remained the same.

In the majority of experiments, the amplitude of the pierce point for equal frequencies of a spindle rotation varied within the limits of 10% when the feed and the radial depth changed. At the same time, a change in the

spindle speed contributed to a significant change in the amplitude of the pierce point.

Thus, the results of the experimental studies show that the fundamental factor for achieving optimal machining conditions is the spindle rotation frequency (the frequency of forced oscillations). At the same time, achieving vibration-resistant milling conditions enables increasing the feed rate, thereby increasing the machining efficiency.

### Conclusions

The article considered the possibility of increasing the radial depth of cutting and feeding at high-speed milling of thin-walled parts. The experimental conditions corresponded to the modes of machining parts with a complex geometric shape of surfaces; particularly, small cutting depths and intermittent cutting were used.

The results of experimental studies show that changing the speed of the spindle rotation contributes to multiple changes in the amplitude of the pierce point. The

speed of the spindle rotation is crucial for achieving a low level of vibrations and favourable quality of the machined surface of thin-walled parts.

Both the radial depth and feeding can be increased without any loss in the quality of machining while milling in the vibration-resistant range of the frequencies of the spindle rotation. Thus, the fundamental task is to improve the efficiency of machining significantly. The experimental studies have shown the capability of a twofold increase in the radial depth of cutting and half as much increase in feeding.

### References

1. Kudinov, V. A. (1955), The theory of vibration during cutting (friction). *Advanced engineering technology: Sat. scientific. tr. Moscow: AN SSSR*. P. 631-643.
2. Tlustý, J. (1963), The Stability of Machine Tools Against Self-Excited Vibrations in Machining. M. Polacek. *ASME International Research in Production Engineering*. P. 465-474.
3. Tobias, S. A. (1958), The Chatter of Lathe Tools Under Orthogonal Cutting Conditions. *Trans. of ASME*. Vol. 80. P. 1079-1088.
4. Tobias, S. A. (1965), *Machine Tool Vibration*. Wiley. N.Y.
5. Koenigsberger, I., Tlustý, J. (1970), *Structures of Machine Tools*. Pergamon Press.
6. Merritt, H. E. (1965), Theory of Self-Excited Machine Tool Chatter. *ASME Journal of Engineering for Industry*. Vol. 87. P. 447-454.
7. Tlustý, J. (1986), Dynamics of high-speed milling. *Journal of Engineering for Industry* 108. P. 59-67.
8. Tlustý, J. Ismail, F. (1983), Special aspects of chatter in milling. *Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design* 105. P. 24-32.
9. Shridar, R., Hohn, R. E., Long, G. W. (1968), A general formulation of the milling process equation. *Journal of Engineering for Industry* 90. P. 317-324.
10. Altintas, Y., Lee, P. (1996), A general mechanics and dynamics model for helical end mills. *Annals of the CIRP* 45(1). P. 59-64.
11. Smith, S., Tlustý, J. (1991), An overview of modelling and simulation of the milling process. *ASME Journal of Engineering for Industry* 113. P. 169-175.
12. Pat. 94974 Ukraine, IPC (2006) G01H11 / 00; G01M7 / 02, Casing for study of oscillations in finite cylindrical milling of thin-walled elements of parts. Logominov V. O., Germeshev A. I., Dyad S.I., Kozlova O. B.; Applicant and patent holder Zaporizhzhya National Technical University. u 201405981 application. June 2, 2014; has published Dec 10, 2014, Bul. No. 23
13. Vnukov, Yu. N. (2011), Bench for the study of mechanical oscillations in the milling of ladder parts at the end milling. *Cutting and tools in technological systems: Int. scientific-techn. Sat. Kharkov: NTU "KhPI"*. Issue. 80. P. 32-37.
14. Germashev, A. I., Dyadya, S. I., Kozlova, Y. B., Vnukov, Yu. N. (2015), Device for studying the conditions of contacting the tool with a workpiece for cylindrical milling of thin-walled parts. "Surface Engineering and Renovation of Products": abstracts of the report of the 15th International Scientific and Technical Conference, 01-05 June 2015, Zatoka. K.: ATM of Ukraine. P. 45-47.
15. Vnukov, Yu. N. Germashev, A. I., Dyadya, S. I., Kozlova, Y. B. (2015), Method for determining the conditions for contacting the tool with a thin-walled part at its end milling. *Cutting and tools in technological systems: Intern. scientific-techn. Sat. Kharkov: NTU "KhPI"*. Vol. 85. P. 48 - 55.

Receive 20.09.2017

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

**Гермашев Антон Ігоревич** – кандидат технічних наук, Запорізький національний технічний університет, старший науковий співробітник, м. Запоріжжя, Україна, e-mail: germashevanton@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7385-1664.

**Гермашев Антон Игоревич** – кандидат технических наук, Запорожский национальный технический университет, старший научный сотрудник, м. Запоріжжя, Україна, e-mail: germashevanton@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7385-1664.

**Germashev Anton** – PhD (Engineering), Zaporozhye National Technical University, Senior Researcher, Zaporozhye, Ukraine, e-mail: germashevanton@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7385-1664.

**Логомінюв Віктор Олександрович** – кандидат технічних наук, Запорізький національний технічний університет, доцент кафедри технології машинобудування, м. Запоріжжя, Україна, e-mail: logominov@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-8148-266X.

**Логоминюв Виктор Алексеевич** – кандидат технических наук, Запорожский национальный технический университет, доцент кафедры технологи машиностроения, г. Запорожье, Украина, e-mail: logominov@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-8148-266X.

**Logominov Victor** – PhD (Engineering), Zaporozhye National Technical University, Associate Professor at the Department of the Technological Engineering, Zaporozhye, Ukraine, e-mail: logominov@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-8148-266X.

**Козлова Олена Борисівна** – кандидат технічних наук, Запорізький національний технічний університет, доцент кафедри технології машинобудування, м. Запоріжжя, Україна, e-mail: kozlova@zntu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3478-5913.

**Козлова Елена Борисовна** – кандидат технических наук, Запорожский национальный технический университет, доцент кафедры технологи машиностроения, г. Запорожье, Украина, e-mail: kozlova@zntu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3478-5913.

**Kozlova Yelena** – PhD (Engineering), Zaporozhye National Technical University, Associate Professor at the Department of the Technological Engineering, Zaporozhye, Ukraine, e-mail: kozlova@zntu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-3478-5913.

**Кришталь Володимир Олександрович** – Державне підприємство Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро "Прогресс" імені академіка О. Г. Івченка, начальник цеху, e-mail: khristalvladimir@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5609-8137.

**Кришталь Владимир Александрович** – Государственное предприятие Запорожское машиностроительное конструкторское бюро "Прогресс" имени академика А. Г. Ивченко, начальник цеха, e-mail: khristalvladimir@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5609-8137.

**Krishtal Vladimir** – State Enterprise Academician A. G. Ivchenko Zaporozhye Machine-Building Design Bureau "Progress", Head of Workshop, e-mail: khristalvladimir@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5609-8137.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

Тонкостінні елементи складної геометричної форми широко застосовуються в авіакосмічній та інших галузях промисловості. Отримують їх різними методами механічної обробки на сучасних верстатах з числовим програмним управлінням. Основними факторами при виготовленні деталей є продуктивність і якість обробки. **Предметом** даного дослідження є вібрації при високошвидкісному фрезеруванні тонкостінних елементів деталей складної геометричної форми. **Мета** статті - визначення можливості підвищення ефективності високошвидкісного фрезерування тонкостінних деталей шляхом знаходження вібростійких умов обробки. Для досягнення мети поставлені і реалізовані наступні **завдання**: розгляд особливостей високошвидкісного фрезерування тонкостінних елементів деталей зі складною геометричною формою, розробка методики дослідження процесу фрезерування, виявлення стабільних умов обробки при високошвидкісному фрезеруванні тонкостінних елементів деталей. Використано методи фіксації коливань в процесі обробки і статистичного аналізу експериментально отриманих результатів. Отримані наступні **результати**: для вивчення процесу фрезерування тонкостінних елементів деталей запропонована конструкція експериментального стенду, методика отримання кількісної характеристики умов фрезерування, яка ґрунтується на визначенні положення деталі в момент врізання зуба фрези, виявлені стабільні умови обробки при високошвидкісному фрезеруванні тонкостінних елементів деталей. **Висновки**. Експериментально доведено визначальна роль частоти обертання шпинделя в досягненні низького рівня вібрацій, в умовах високошвидкісного фрезерування в вібростійкого діапазоні частот обертання шпинделя можливо як збільшення радіальної глибини, так і збільшення подачі без втрат в якості обробки.

**Ключові слова**: тонкостінний елемент, пружна система, коливання, високошвидкісна обробка, точка врізання.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Тонкостенные элементы сложной геометрической формы широко применяются в авиакосмической и других отраслях промышленности. Получают их различными методами механической обработки на современных станках с числовым программным управлением. основополагающими факторами при изготовлении деталей является производительность и качество обработки. **Предметом** данного исследования является вибрации при высокоскоростном фрезеровании тонкостенных элементов деталей сложной геометрической формы. **Цель** статьи – определение возможности повышения эффективности высокоскоростного фрезерования тонкостенных деталей путем нахождения виброустойчивых условий обработки. Для достижения цели поставлены и реализованы следующие **задачи**: рассмотрение особенностей высокоскоростного фрезерования тонкостенных элементов деталей со сложной геометрической формой, разработка методики исследования процесса фрезерования, выявление стабильных условий обработки при высокоскоростном фрезеровании тонкостенных элементов деталей. Используются **методы** фиксации колебаний в процессе обработки и статистического анализа экспериментально полученных результатов. Получены следующие **результаты**: для изучения процесса фрезерования тонкостенных элементов деталей предложена конструкция экспериментального стенда, методика получения количественной характеристики условий фрезерования, которая основывается на определении положения детали в момент врезания зуба фрезы, выявлены стабильные условия обработки при высокоскоростном фрезеровании тонкостенных элементов деталей. **Выводы**. Экспериментально доказана определяющая роль частоты вращения шпинделя в достижении низкого уровня вибраций, в условиях высокоскоростного фрезерования в виброустойчивом диапазоне частот вращения шпинделя возможно, как увеличение радиальной глубины, так и увеличение подачи без потерь в качестве обработки.

**Ключевые слова**: тонкостенный элемент, упругая система, колебания, высокоскоростная обработка, точка врезания.

І. М. КАДИКОВА, Б. Д. КАЛІНЕНКО, С. О. ЛАРІНА, І. В. ЧУМАЧЕНКО

## МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ЧАСОМ У СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

**Предметом** дослідження в статті є процеси вибору шляхів підвищення ефективності управління часом як одного з важливіших ресурсів проектів з позицій стратегічного проектного менеджменту. **Мета** – побудова моделі управління часом у системі ресурсного забезпечення стратегічного проектного менеджменту. **Завдання:** розглянути індивідуума, що приймає управлінські рішення, як аналога проектно-орієнтованої організації; виявити причинно-наслідкові зв'язки, що призводять до нестачі часу в студентів; визначити обмеження при побудові моделі управління часом студента; побудувати модель управління часом і дати рекомендації щодо її використання. Використовуються загальнонаукові методи: системний аналіз, структурний аналіз, аналіз невідповідностей, їх наслідків та причин виникнення FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), методи проектного управління. Для візуалізації причинно-наслідкових зв'язків досліджуваних факторів за наведеною класифікацією використано діаграму Ісікави. Отримано такі **результати**. У статті представлена розроблена авторами модель управління часом у діяльності проектно-орієнтованої організації. Дослідження проведене на матеріалах, де стратегічний менеджмент проектно-орієнтованої організації розглядається на прикладі самоменеджменту студента, який у свою чергу виступає аналогом проектно-орієнтованої організації. На основі результатів причинно-наслідкового аналізу факторів, що призводять до нестачі часу студентів, побудована модель управління часом. До моделі включено коефіцієнт екстенсивності використання життєвого часу, коефіцієнт втрат часу та показник фактичного резерву часу. Прикладна частина реалізована із використанням програмного продукту Business Studio. **Висновки.** При проведенні аналізу та побудові моделі причинно-наслідкових зв'язків був виявлений ряд причин неефективного управління часом в системі ресурсного забезпечення стратегічного проектного менеджменту на прикладі цільової групи студентів, кожного з яких розглянуто як аналог проектно-орієнтованої організації. Надано рекомендації щодо удосконалення процесу управління часом в особистісному стратегічному плануванні за рахунок використання побудованої моделі. Отримані результати можуть бути використані як інструмент протидії неефективному використанню часу в проектно-орієнтованих організаціях.

**Ключові слова:** стратегічний проектний менеджмент, управління часом, причинно-наслідковий аналіз, пріоритетне число ризику.

### Постановка проблеми

Пошук способів підвищення ефективності управління часом у системі стратегічного менеджменту є актуальним питанням в контексті обмеженості часового ресурсу проектів. Проектно-орієнтовані організації (ПОО) мають управляти не часом реалізації окремих проектів, а й загальним доступним часом всієї організації, при чому останнє стосується сфери стратегічного менеджменту.

Сьогодні на світовій арені говорять про нову еру управління проектами – стратегічний проектний менеджмент (Strategic Project Management). Результати дослідження 750 компаній, наведені в роботі [1], показали, що організації знаходяться в кризовій ситуації щодо того, як управляти проектами. Вирішення цієї проблеми дослідники бачать в розширенні перспективи і пошуку способів того, як організаціям застосувати проектний менеджмент на стратегічному рівні.

Багато уваги теоретики і практики приділяють створенню офісів управління проектами (РМО), дискутуючи про необхідний рівень повноважень РМО і покладеним на нього функціям. Так, в роботі [2] ключовим аргументом на користь доцільності створення офісу управління проектами організації (ЕРМО) виступає теза, що проектний менеджмент не повинен бути стратегією підрозділів, він повинен бути стратегією організації. Повністю поділяючи дане твердження, ми, тим не менш, вважаємо, що дотримання основних принципів проектного менеджменту на рівні ключових учасників проекту сприятиме поліпшенню як показників реалізації проектів, так і розвитку культури, яка підтримує

середу проектного менеджменту. Йдеться про те, що окремого індивіда можна умовно розглядати як проектно-орієнтовану організацію, що має стратегію розвитку і багато варіантів її реалізації через окремі проекти.

Чимало вчених займаються розробкою ефективних моделей і методів стратегічного управління організацією, при цьому цілий ряд робіт присвячений стратегічному розвитку організацій на основі проектного управління. Тому проведемо аналіз наукових публікацій з питань стратегічного проектного менеджменту.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наукові основи управління проектами і програмами були розроблені такими зарубіжними вченими, як Рассел Д. Арчибальд, Г. Гант, А.Файоль, Дю Понт, Г. Ланге, Хіроші Танака та ін. Українську школу проектного менеджменту представляють такі відомі дослідники, як С. Д. Бушуєв, Н. С. Бушуєва, В. Д. Гогунський, І. В. Кононенко, К. В. Кошкін, О. В. Малєєва, І. В. Чумаченко та ін.

Сьогодні активно розвивається японська методологія управління проектами та програмами. Керівництво з управління інноваційними проектами і програмами організації (Р2М) відрізняється від інших методологій проектного менеджменту в першу чергу акцентом на стратегічні аспекти управління організацією. Так, ключові поняття Р2М – створення цінності для організації з орієнтацією на місію і систему цілей, через стратегію до реалізації проектів і програм, що забезпечують успіх її проектної діяльності [3]. З позиції Р2М стратегія організації

здійснюється через програми проектів, які створюють, вдосконалюють і накопичують цінності. Надалі ці цінності разом з накопиченими знаннями стають ресурсами управління, які підтримують і реалізують наступну програму проектів. Програма втілює концептуальні стратегії організації через заявлену місію програми і полегшує участь стейкхолдерів в програмі для захисту своїх інтересів в рамках виконання даних стратегій.

Японська методологія оперує поняттями стратегічного менеджменту стосовно управління проектами та програмами. Так, мають місце поняття "стратегія проекту", "місія проекту", "цілі і завдання проекту", "стратегія програми", "місія програми" і ін. В той же час введено ключове поняття "цінність програми", яка досягається через профілювання місії програми, проектування і побудова архітектури програми, виконання програми. Застосування ціннісного підходу вийшло за рамки Р2М і застосовується в різних сферах управління [4].

Останнім часом не тільки науковці, а вже й практики часто говорять про доцільність впровадження проектного підходу до стратегічного менеджменту різних організацій та підприємств. Так, роботи [5-6] присвячені розкриттю питань такого впровадження у практику управління ВНЗ, який розглядається як проектно-орієнтована організація.

В роботі [7] автори відзначають, що при прийнятті управлінських рішень в умовах багатоваріантності можливих дій менеджер розглядає їх в контексті обмежень фізичної здійсненності, економічної доцільності та юридичної дозволеності. Наше дослідження зачіпає два з трьох названих обмежень, а саме: побудова моделі управління часом дозволить, по-перше, визначати на передінвестиційній стадії проекту його фізичну здійсненність з урахуванням вже існуючих в портфелі проектів, а по-друге, дозволить диференціювати витрати на оплату робочого часу виконавців проекту в залежності від необхідності залучення додаткових ресурсів.

Багато вчених однією з ключових компетенцій сучасного менеджера називають вміння керувати часом як власним, так і інших учасників проекту [8-9]. Тому пропонуємо розглянути можливість і доцільність застосування проектного підходу до стратегічного самоменеджменту.

### Формулювання мети статті

Мета дослідження – побудова моделі управління часом в системі ресурсного забезпечення стратегічного проектного менеджменту.

Завдання дослідження:

- розглянути індивідуума, що приймає управлінські рішення, як аналога проектно-орієнтованої організації,
- виявити причинно-наслідкові зв'язки, що призводять до нестачі часу в студентів,
- визначити обмеження при побудові моделі управління часом студента,
- побудувати модель управління часом і дати рекомендації щодо її використання.

### Виклад основного матеріалу

Перш за все, дослідимо передумови розробки моделі управління часом в системі ресурсного забезпечення стратегічного проектного самоменеджменту.

Невміння працівником ефективно управляти часом стосується не тільки окремих суб'єктів господарювання, а є проблемою глобальних масштабів, для вирішення яких виділяються великі фінансові і трудові ресурси організацій різних юридичних форм і видів діяльності. Вважаємо, що фундаментальна причина корениться в тому часі, коли співробітник був ще студентом. Тобто вже в період навчання у ВНЗ у людей проявляються проблеми з дотриманням часових меж (dead line), виникають складності визначення пріоритетності, розуміння трудомісткості виконання проектів і прийняття рішень про їх включення/виключення до "портфелю особистих проектів і програм". Пропонується проектний підхід до самоменеджменту, який передбачає розгляд індивідуума як аналога проектно-орієнтованої організації. При цьому має місце основна характеристика ПОО: організації, орієнтовані на проект, з'єднують організаційні цілі і стратегію з проектами, використовуючи портфель проектів, обраних за допомогою системи пріоритетності проектів [10].

Досліджуємо проблему ресурсного забезпечення стратегічного проектного менеджменту на прикладі неефективного самоменеджменту студентів старших курсів через відсутність дієвої моделі управління часом в процесі навчання у вищому навчальному закладі.

Практично кожен студент старших курсів освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" стикається з проблемою неефективного самоменеджменту та визначення пріоритетів у процесі навчання. Сьогодні для студентів діє цілий ряд програм, відкрито багато можливостей. У той же час багато студентів не приймає участі у заходах (академічного, неосвітнього і особистого характеру) через брак часу.

Переслідуючи мету побудувати модель управління часом студентів, визначимо часові обмеження. Загальний фонд часу, що знаходиться в розпорядженні студента, становить  $\Phi = 168$  год./тижд. Навчальний процес як основний вид діяльності студента займає 1,5 кредити ECTS на тиждень (для ОКР "бакалавр" 24 год./тижд. аудиторних занять і 21 год./тижд. студент має витратити на самостійну академічну роботу). Тобто, академічні витрати часу складають  $A = 45$  год./тижд. Відповідно до рекомендації "Всесвітньої організації здоров'я" для здорового сну необхідно 8 годин добу [11]. Тобто, сон займає  $C = 56$  год./тижд.

Таким чином для особистого життя, дозвілля, саморозвитку та інших процесів залишається:

$$O = \Phi - A - C = 168 - 45 - 56 = 67 \text{ год./тижд.}$$

Відповідно, 9,5 годин на день повинно вистачати на все. Чому ж студенти постійно відчують брак часу? Можливо, це тільки їх суб'єктивне відчуття?

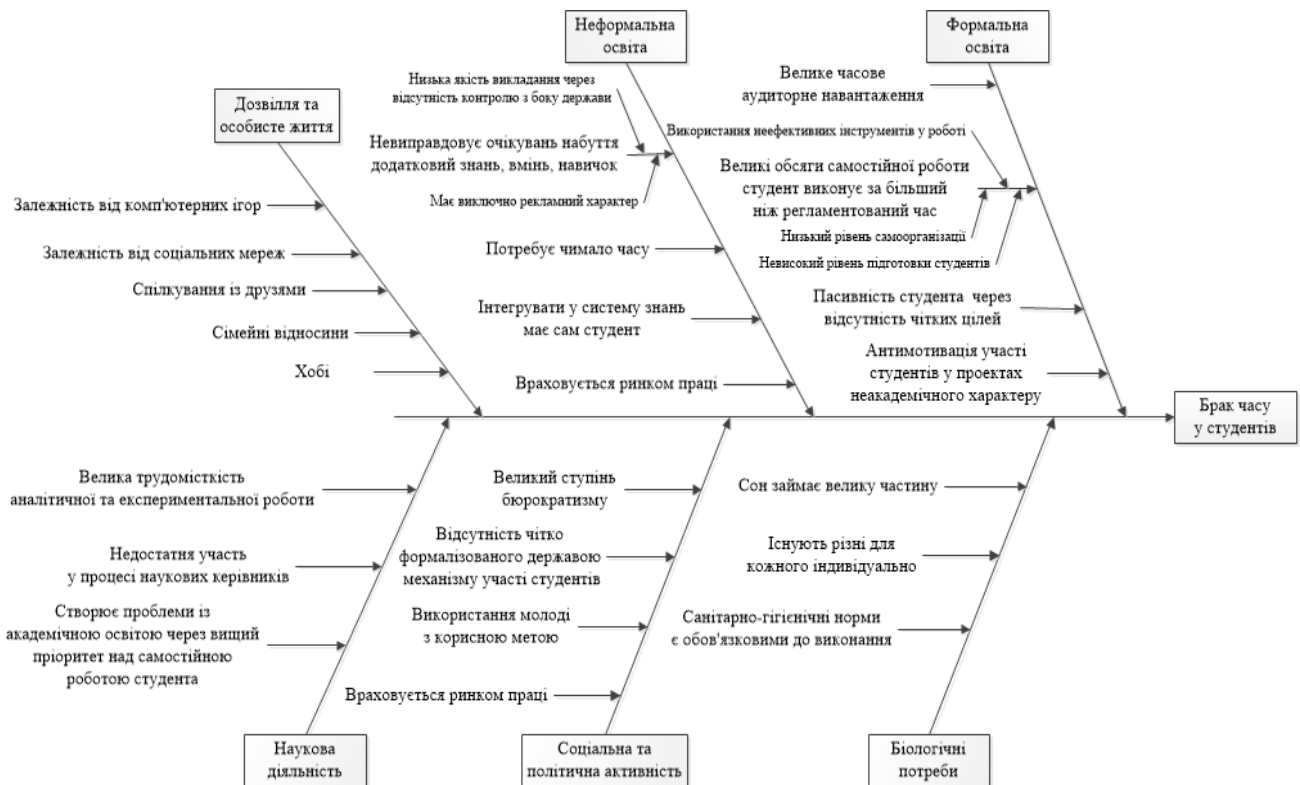
Для побудови моделі управління часом потрібно максимально повно відобразити і розмежувати в певну класифікацію процеси і дії, в яких бере участь цільова аудиторія даного дослідження. Для введення груп в класифікацію часу студента виділимо шість сфер, в яких бере участь молодь, витрачаючи свій час:

- формальна освіта (академічний процес);
- неформальна освіта (тренінги, семінари, конкурси, участь в різних школах і т.д.);
- соціальна і політична активність (участь в НГО, волонтерський рух, ініціативи, круглі столи, форуми, студентське самоврядування тощо);

- наукова діяльність (конференції, конкурси, проекти);
- дозвілля та особисте життя;
- біологічні потреби.

### Причинно-наслідковий аналіз

На рис. 1 представлений результат формалізації причинно-наслідкових зв'язків при дослідженні причин браку часу у студентів.



**Рис. 1.** Діаграма причинно-наслідкових зв'язків факторів, пов'язаних з браком часу в системі стратегічного самоменеджменту студента

Для візуалізації причинно-наслідкових зв'язків досліджуваних факторів за проведеною вище класифікацією використано діаграму Ісікави, яка являє собою графічне впорядкування факторів, що впливають на об'єкт аналізу за принципом причина-наслідок. Сьогодні в арсеналі дослідника цілий ряд потужних інструментів автоматизації [12, 13]. У даному дослідженні використано програмний продукт Business Studio, ефективність застосування якого в стратегічному менеджменті в умовах економіки знань відзначають багато науковців і практики [14-16]. Це система бізнес-моделювання, яка дозволяє створити комплексну несуперечливу модель бізнес-процесу стратегічного управління відповідно до методології структурного аналізу і проектування SADT, отримати розподіл відповідальності за основні результати цієї діяльності, підтримує збалансовану систему показників та візуалізацію дерева цілей, а також причинно-наслідкових зв'язків (Fishbone Diagram) між досліджуваними факторами.

Business Studio підтримує методику аналізу невідповідностей, їх наслідків та причин виникнення. FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) [17, 18]. У табл. 1 наведені результати експерименту, проведеного із застосуванням методу розрахунку пріоритетного числа ризику виникнення певної невідповідності:

- 1) визначити рівень значущості можливих наслідків кожної з невідповідностей  $S_i$  за 10-бальною шкалою;
- 2) оцінити частоту їх виникнення  $O_i$  за 10-бальною шкалою;
- 3) оцінити складність їх виявлення  $D_i$  за 10-бальною шкалою;
- 4) дати кількісну оцінку комплексного ризику невідповідності через обчислення пріоритетного числа ризику (ПЧР):

$$ПЧР_i = S_i O_i D_i, \quad ПЧР = 1 \div 1000 .$$

Таблиця 1. Результат експерименту кількісної оцінки пріоритетності серед причин браку часу у студентів

Причини, $i$	Рівень значущості можливих наслідків $i$ -ої причини, $S_i$	Частота виникнення $i$ -ої причини, $O_i$	Складність виявлення $i$ -ої причини, $D_i$	Пріоритетне число ризиків $i$ -ої причини, ПЧР $_i$
1. Формальна освіта				
1.1.	6	10	3	180
1.2.1.	9	9	9	729
1.2.2.	9	8	7	504
1.2.3.	9	7	8	504
1.3.	5	7	6	210
1.4.	4	5	7	140
2. Неформальна освіта				
2.1.1.	7	6	9	378
2.1.2.	8	7	7	392
2.2.	7	6	6	252
2.3.	6	10	5	300
2.4.	7	5	7	245
3. Дозвілля та особисте життя				
3.1.	10	2	8	160
3.2.	9	6	10	540
3.3.	6	5	8	240
3.4.	6	2	6	72
3.5.	5	4	7	140
4. Наукова діяльність				
4.1.	9	9	7	567
4.2.	7	3	5	105
4.3.	6	4	5	120
5. Соціальна та політична активність				
5.1.	7	8	5	280
5.2.	8	9	5	360
5.3.	7	7	8	392
5.4.	7	4	6	168
6. Біологічні потреби				
6.1.	5	9	4	180
6.2.	4	10	4	160
6.3.	2	10	3	60

Експеримент оснований на експертній роботі авторів даної статті зі 200 респондентами з числа студентів освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр старших курсів. Візуалізація отриманого результату наведена на рис. 2.

Отже, проведений аналіз дозволив виділити три основні причини браку часу, на які перш за все слід направити управлінський вплив з метою їх усунення або пом'якшення:

- "використання неефективних інструментів у роботі" (ПЧР1.2.1 = 729) у категорії "Формальна освіта";

- "велика трудомісткість аналітичної та експериментальної роботи" (ПЧР4.1 = 567) у категорії "Наукова діяльність";

- "залежність від соціальних мереж" (ПЧР3.2 = 540) у категорії "Дозвілля та особисте життя".

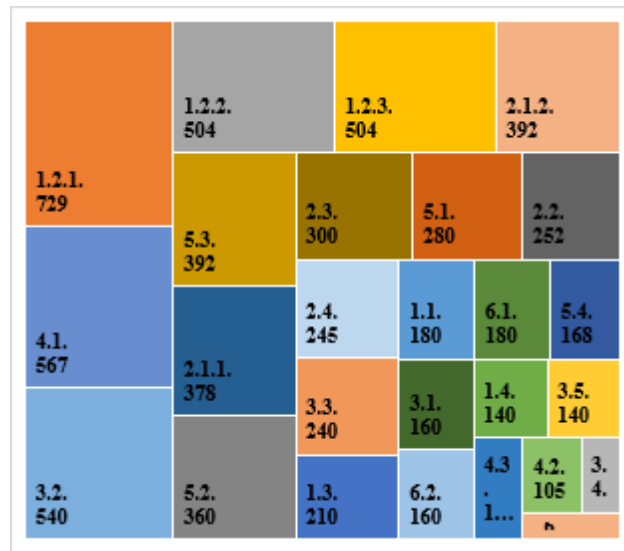


Рис. 2. Масштабування причин невідповідності за пріоритетним числом ризику

На рис. 3 наведений результат перенесення на діаграму Ісікави розрахованих значень ПЧР причин невідповідності. Такий підхід до візуалізація створює

зручну у сприйнятті інформаційну платформу для особи, що приймає управлінські рішення.

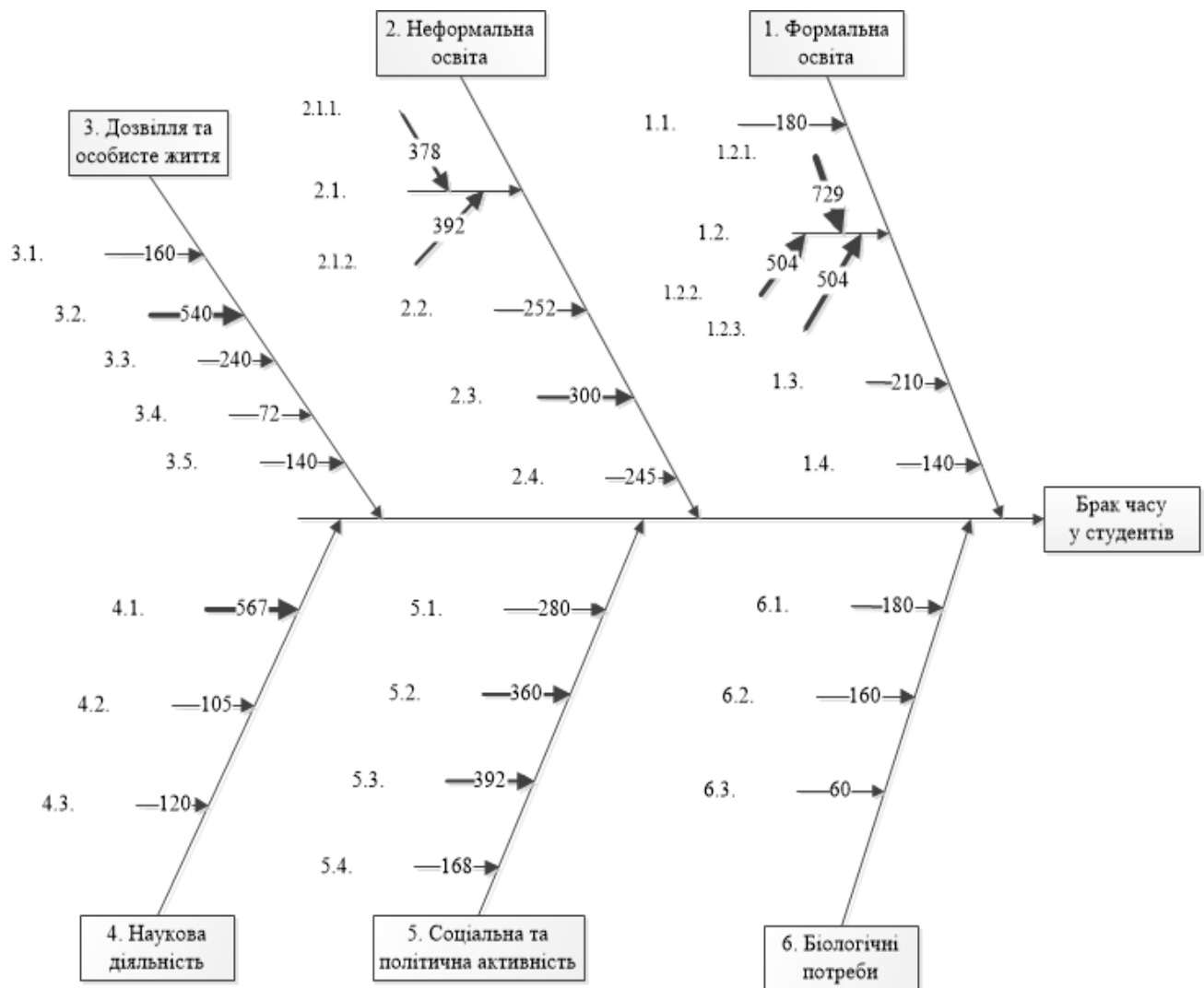


Рис. 2. Результат експерименту щодо визначення ПЧР причин нестачі часу у студентів

### Модель управління часом в системі стратегічного менеджменту ПОО

У результаті побудови діаграми причинно-наслідкових зв'язків був виявлений ряд факторів, які

включимо у модель управління часом, через їх прямий або опосередкований зв'язок із браком часу. Розмежуємо в певну класифікацію процеси і дії, в яких бере участь цільова аудиторія даного дослідження (табл. 2).

Таблиця 2. Класифікація груп впливу

Впливають студенти		Не впливають студенти			
ДО <sub>1</sub>	БП <sub>2</sub>	НД <sub>3</sub>	НО <sub>5</sub>	СПА <sub>4</sub>	ФО <sub>1</sub>
НД <sub>1</sub>	БП <sub>3</sub>	НО <sub>1</sub>	НО <sub>6</sub>	СПА <sub>5</sub>	ФО <sub>4</sub>
НД <sub>2</sub>	ФО <sub>2</sub>	НО <sub>2</sub>	СПА <sub>1</sub>	СПА <sub>6</sub>	ФО <sub>5</sub>
БП <sub>1</sub>	ФО <sub>3</sub>	НО <sub>3</sub>	СПА <sub>2</sub>	СПА <sub>7</sub>	ФО <sub>6</sub>
		НО <sub>4</sub>	СПА <sub>3</sub>		

де ФО<sub>*i*</sub> – *i*-ті причини в сфері формальної освіти;  
 НО<sub>*i*</sub> – *i*-ті причини в сфері неформальної освіти;  
 БП<sub>*i*</sub> – *i*-ті причини в біологічних потребах;  
 СПА<sub>*i*</sub> – *i*-ті причини участі в сфері соціальної та політичної активності;  
 ДО<sub>*i*</sub> – *i*-ті причини в сфері дозвілля і особистому житті;  
 НД<sub>*i*</sub> – *i*-ті причини в сфері наукової діяльності;  
*i* = {1 ÷ 7} – причини, які відносяться до певних сфер (див. рис. 1).

Введемо до побудованої моделі якісний коефіцієнт екстенсивності використання життєвого часу (Кевч) і коефіцієнт втрат часу (Кв):

$$\text{Кевч} = \frac{\Phi - P}{\Phi},$$

де  $\Phi$  – фонд часу, год./тижд.;

$P$  – регламентування *i* нерегламентовані перерви при зміні виду діяльності, год./тижд.;

$$\text{Кв} = \frac{B_z}{\Phi},$$

де  $B_z$  – втрати життєвого часу, що залежать від студента, год./тижд.

Фактичний резерв часу з урахуванням втрат:

$$\Delta K = \text{Кевч} - \text{Кв}.$$

Інтерпретація значень  $\Delta K$  за діапазонами:

(0,0–0,3) – хороший стан;

(0,3–0,7) – поганий стан;

(0,7–1,0) – критичний стан.

Результати розрахунків, проведених з урахуванням регламентованих та нерегламентованих перерв при зміні виду діяльності, такі:

- коефіцієнт екстенсивності використання життєвого часу показав 89% використання фонду часу;

- коефіцієнт втрати показав 17%-ву втрату часу.

Це вказує на великі часові навантаження при активному використанні часу. Розрахований фактичний резерв часу  $\Delta K = 0,72$  свідчить про критичний стан управління часом.

Таким чином, запропонована модель управління часом як найціннішим ресурсом у системі ресурсного забезпечення стратегічного проектного менеджменту.

### Висновки

Запропонований проектний підхід до самоменеджменту, який передбачає розгляд індивідуума, який приймає рішення, як аналога проектно-орієнтованої організації.

При проведенні аналізу та побудові моделі причинно-наслідкових зв'язків був виявлений ряд причин неефективного управління часом в системі ресурсного забезпечення стратегічного проектного менеджменту на прикладі цільової групи студентів, кожного з яких розглянуто як аналог ПОО. Надано рекомендації щодо удосконалення процесу управління часом в особистісному стратегічному плануванні за рахунок використання побудованої моделі.

Отримані результати можуть бути використані як інструмент протидії неефективному використанню часу в проектно-орієнтованих організаціях.

### Список літератури

1. Stanleigh, M. (2006), "From Crisis to Control: A New Era in Strategic Project Management" In: Project management Practice, Issue 6, summer, pp. 4-6. Available at: <https://bia.ca/from-crisis-to-control-a-new-era-in-strategic-project-management/> (last accessed March 23, 2017).
2. Stanleigh, M. (2010) "The Strategic Importance of the Enterprise Project Management Office" Available at: <https://bia.ca/the-strategic-importance-of-the-enterprise-project-management-office/> (last accessed March 23, 2017).
3. Р2М. Керівництво з управління інноваційними проектами і програмами організацій: Монографія. Переклад на українську мову під редакцією проф. Ярошенка Ф.О. Київ, Новий друк, 2010, 160 с.
4. Libert, B., Samek, S. and Boulton, R. (2000), "Cracking the Value Code: How Successful Businesses are Creating Wealth in the New Economy", Arthur Andersen, New York, USA.

5. Бабаев, В. Н., Кадыкова, И. Н., Ларина, С. А. (2016), Информационные технологии в проектном менеджменте на стратегическом уровне. *Международная научно-практическая конференция "Математическое моделирование процессов в экономике и управлении проектами и программы (ММП-2016)"*. Труды. Харьков, ХНУРЭ, с. 10-11.
6. Бабаев, В. Н., Кадыкова, И. Н. (2016), Стратегия развития ВУЗа на основе проектного управления. *Тези доповідей XIII Міжнар. конф. "Управління проектами у розвитку суспільства"*. Київ, КНУБА, с. 43-44.
7. Воробйов, Є. М., Кадикова, І. М., Сорокіна, І. А. (2008), "Теоретичні аспекти дослідження принципу багатоваріантності прийняття управлінських рішень за умов трансформаційного стану економіки" [Текст]. *Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі*, № 2, с. 13-22.
8. Косенко, Н. В. (2013), "Система поддержки принятия решений по управлению трудовыми ресурсами проекта" [Текст]. *Системы обработки информации*, Вып. 1 (108), с. 251-255.
9. Гусева, Ю. Ю., Чумаченко, И. В. (2015), "Формирование компетентности проектных менеджеров с учетом интересов стейкхолдеров образовательного проекта" [Текст]. *Управління розвитком складних систем*, № 21, с. 25-31.
10. Грей, К. Ф., Ларсон, Э. У. (2003), Управление проектами [Текст]: практическое руководство. Пер. с англ. Москва, Дело и сервис, 2003, 528 с.
11. World Health Organization Regional Office for Europe. "WHO technical meeting on sleep and health", Bonn, Germany, 22-24 January 2004. Available at: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/114101/E84683.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/114101/E84683.pdf) (last accessed March 23, 2017).
12. Кадыкова, И. Н., Чумаченко, И. В. (2014), "Управление ожиданиями заинтересованных сторон для обеспечения жизнеспособности продукта проекта информатизации" [Текст]. *Управління розвитком складних систем*, № 19, с. 34-38.
13. Вальдриева, З. Р., Фандрова, Л. П. (2016), "Оптимизация деятельности компании путем разработки бизнес-процессов в системе Business Studio" [Текст]. *Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации*, № 6-1, с. 115-121.
14. Кадыкова, И. Н., Мироевская, Е. В. (2011), "Роль современных программных продуктов в контексте становления экономики знаний" [Текст]. *Таврійський економічний журнал*, № 6, с. 47-48.
15. Косенко, В. В., Кадикова, І. М. (2011), Процесний підхід у вирішенні проблеми менеджменту персоналу в умовах становлення економіки знань [Текст]. *Тези доповідей Міжн. науково-практ. конференція "Сучасні проблеми економіки і менеджменту"*. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", с. 296. (10-12 листопада 2011, Львів).
16. Кадыкова, И. Н., Ларина, С. А., Чумаченко, И. В. (2017) "Информационная технология стратегического управления проектно-ориентированной организацией" [Текст]. *Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. Харків : НТУ "ХПИ", № 3 (1225), с. 9-15.
17. Bourne, L. (2016), "Stakeholder relationship management: a maturity model for organisational implementation", *CRC Press, New York, USA*.
18. Бриленок, А. А. (2010), "Мониторинг процессов системы менеджмента качества" [Текст]. *Методы менеджмента качества*. № 5, с. 24-29.

## References

1. Stanleigh, M. (2006), "From Crisis to Control: A New Era in Strategic Project Management" In: *Project management Practice*, Issue 6, summer, pp. 4-6. Available at: <https://bia.ca/from-crisis-to-control-a-new-era-in-strategic-project-management/> (last accessed March 23, 2017).
2. Stanleigh, M. (2010) "The Strategic Importance of the Enterprise Project Management Office" Available at: <https://bia.ca/the-strategic-importance-of-the-enterprise-project-management-office/> (last accessed March 23, 2017).
3. P2M. Kerivnytstvo z upravlinnya innovatsiynomy proektamy i prohramamy orhanizatsiy: Monohrafiya [P2M. Management of innovative projects and programs of organizations: Monograph.]. Pereklad na ukrayins'ku movu pid redaktsiyeyu prof. Yaroshenka, F.O. Kyiv, Novyy druk, (2010), 160 p.
4. Libert, B., Samek, S. and Boulton, R. (2000), "*Cracking the Value Code: How Successful Businesses are Creating Wealth in the New Economy*", Arthur Andersen, New York, USA.
5. Babaev, V.N., Kadykova, I.N., Larina, S. A. (2016), Informatsionnye tekhnologii v proektnom menedzhmente na strategicheskom urovne [Information technologies in project management at the strategic level]. *Mezhdunarodnaya nauchno- prakticheskaya konferentsiya "Matematicheskoe modelirovanie protsessov v ekonomike i upravlenii projektami i programmami (MMP-2016)"*. Trudy. Kharkov, KhNURE, pp. 10-11.
6. Babaev V. N., Kadykova, I. N. (2016), "Strategiya razvitiya VUZa na osnove proektnogo upravleniya" ["The strategy of university development on the basis of project management"]. *Tezy dopovidey XIII Mizhnar. konf. "Upravlinnya proektamy u rozvytku suspil'stva"*. Kyiv, KNUBA, pp. 43-44.
7. Vorobyov, Ye. M., Kadykova, I. M., Sorokina, I. A. (2008), "Teoretychni aspekty doslidzhennya pryntsyphu bahatovariantnosti pryunyattya upravlins'kykh rishen' za umov transformatsiynoho stanu ekonomiky" [Text] ["Theoretical aspects of research principle of multiple management decisions under conditions of transformation of the economy"]. *Ekonomika ta upravlinnya pidpryyemstvamy mashynobudivnoyi haluzi*, No. 2, pp. 13-22.
8. Kosenko, N. V. (2013), "Sistema podderzhki prinyatiya resheniy po upravleniyu trudovymi resursami proekta" [Text] ["The decision support system for the management of the human resources of the project"]. *Sistemy obrobky informatsiyi*, No. 1 (108), pp. 251-255.
9. Guseva, Yu. Yu., Chumachenko, I. V. (2015), "Formirovanie kompetentnosti proektnykh menedzherov s uchetom interesov steykholderov obrazovatel'nogo proekta" [Text] ["Forming the competence of project managers taking into account the interests of the stakeholders of the educational project"]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system*, No. 21, pp. 25-31.
10. Grey, K. F., Larson, E. U. (2003), *Upravlenie proektami [Text]: prakticheskoe rukovodstvo*. Per. s angl [Project Management: a practical guide.]. Moscow, Delo i servis, 528 p.
11. World Health Organization Regional Office for Europe. "WHO technical meeting on sleep and health", Bonn, Germany, 22-24 January 2004. Available at: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/114101/E84683.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/114101/E84683.pdf) (last accessed March 23, 2017).

12. Kadykova, I. N., Chumachenko, I. V. (2014), "Upravlenie ozhdaniyami zainteresovannykh storon dlya obespecheniya zhiznesposobnosti produkta proekta informatizatsii" [Tekst] ["Managing stakeholders' expectations to ensure the viability of the informatization project product"]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykhsystem*, No. 19, pp. 34-38.
13. Val'drieva, Z. R., Fandrova, L. P. (2016), "Optimizatsiya deyatelnosti kompanii putem razrabotki biznes-protsessov v sisteme Business Studio" [Tekst] ["Optimization of the company's activities by developing business processes in the Business Studio system"]. *Informatsionnye tekhnologii. Radioelektronika. Telekommunikatsii*, No. 6-1, pp. 115-121.
14. Kadykova, I. N., Miroevskaya, E. V. (2011), "Rol' sovremennykh programmnykh produktov v kontekste stanovleniya ekonomiki znaniy" [Tekst] ["The role of modern software products in the context of the formation of the knowledge economy"]. *Tavriys'kiy ekonomichnyi zhurnal*, No. 6, pp. 47-48.
15. Kosenko, V. V., Kadykova, I. M. (2011), "Protseyny pidkhd u vyrishenni problemy menedzhmentu personalu v umovakh stanovlennya ekonomiky znan" [Tekst] ["Process approach in solving the problem of personnel management in conditions of the knowledge economy"]. *Tezy dopovidey Mizhn. naukovo-prakt. konferentsiya "Suchasni problemy ekonomiky i menedzhmentu". L'viv: Natsional'nyy universytet "L'vivs'ka politekhnika"*, p. 296. (10-12 lystopada 2011, L'viv).
16. Kadykova, I. N., Larina, S. A., Chumachenko, I. V. (2017), "Informatsionnaya tekhnologiya strategicheskogo upravleniya proektno-orientirovannoy organizatsiyey" [Tekst] ["Information technology of strategic management of a project-oriented organization"]. *Vestnik NTU "KPI". Series: Strategic management, portfolio management, programs and projects. Kharkov: NTU "KPI"*, No. 3 (1225), pp. 9-15.
17. Bourne, L. (2016), "Stakeholder relationship management: a maturity model for organisational implementation", CRC Press, New York, USA.
18. Brilenok, A. A. (2010), "Monitoring protsessov sistemy menedzhmenta kachestva", [Tekst] ["Monitoring of quality management system processes"]. *Metody menedzhmenta kachestva*, No. 5, pp. 24-29.

Received 23.09.2017

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

**Кадикова Ирина Николаївна** – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, доцент кафедри управління проектами у міському господарстві і будівництві, м. Харків, Україна; e-mail: irina.kadikova@kname.edu.ua; ORCID: 0000-0002-3189-7231.

**Кадикова Ирина Николаевна** – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені А. Н. Бекетова, доцент кафедри управління проектами в городському господарстві і будівництві, г. Харків, Україна; e-mail: irina.kadikova@kname.edu.ua; ORCID: 0000-0002-3189-7231.

**Kadykova Iryna** – PhD (Economics Sciences), Associate Professor, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Associate Professor at the Department of Project Management in Urban Economy and Construction, Kharkiv, Ukraine; e-mail: irina.kadikova@kname.edu.ua; ORCID: 0000-0002-3189-7231.

**Каліненко Богдан Дмитрович** – Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, магістрант кафедри управління проектами у міському господарстві і будівництві, м. Харків, Україна; e-mail: Stillzce@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8551-2504.

**Каліненко Богдан Дмитрович** – Харківський національний університет міського господарства імені А. Н. Бекетова, магістрант кафедри управління проектами в городському господарстві і будівництві, г. Харків, Україна; e-mail: Stillzce@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8551-2504.

**Kalinenko Bogdan** – O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, student at the Department of Project Management in Urban Economy and Construction, Kharkiv, Ukraine; e-mail: Stillzce@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8551-2504.

**Ларіна Світлана Олександрівна** – ДП "Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування", молодший науковий співробітник науково-технічного та інформаційного відділу, м. Харків, Україна; e-mail: larinakharkov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6674-8383.

**Ларина Светлана Александровна** – ГП "Харківський науково-дослідницький інститут технології машинобудування", молодший науковий співробітник науково-технічного та інформаційного відділу, г. Харків, Україна; e-mail: larinakharkov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6674-8383.

**Larina Svitlana** – SE "Kharkiv Scientific-Research Institute of Mechanical Engineering Technology", Junior researcher of research and information department, Kharkiv, Ukraine; e-mail: larinakharkov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6674-8383.

**Чумаченко Ігор Володимирович** – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, завідувач кафедри управління проектами у міському господарстві і будівництві, м. Харків, Україна; e-mail: ivchumachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2312-2011.

**Чумаченко Игорь Владимирович** – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені А. Н. Бекетова, завідувач кафедри управління проектами в городському господарстві і будівництві, г. Харків, Україна; e-mail: ivchumachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2312-2011.

**Chumachenko Igor** – Doctor of Sciences ((Engineering), Professor, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Head of the Department of Project management in urban economy and construction, Kharkiv, Ukraine; e-mail: ivchumachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2312-2011.

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕНЕМ В СИСТЕМЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА

**Предметом** исследования в статье являются процессы выбора путей повышения эффективности управления временем как одного из важнейших ресурсов проектов с позиций стратегического проектного менеджмента. **Цель** – построение модели управления временем в системе ресурсного обеспечения стратегического проектного менеджмента. **Задачи:** рассмотреть индивидуума, принимает управленческие решения, как аналога проектно-ориентированной организации; выявить причинно-следственные связи, приводящие к недостатку времени у студентов; определить ограничения при построении модели

управления временем студента; построить модель управления временем и дать рекомендации по ее использованию. Используются общенаучные **методы**: системный анализ, структурный анализ, анализ несоответствий, их последствий и причин возникновения FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), методы проектного управления. Для визуализации причинно-следственных связей исследуемых факторов по приведенной классификации использовано диаграмму Исикавы. Получены следующие **результаты**. В статье представлена разработанная авторами модель управления временем в деятельности проектно-ориентированной организации. Исследование проведено на материалах, где стратегический менеджмент проектно-ориентированной организации рассматривается на примере самоменеджмента студента, который в свою очередь выступает аналогом проектно-ориентированной организации. На основе результатов причинно-следственного анализа факторов, приводящих к недостатку времени студентов, построена модель управления временем. Модели включены коэффициент экстенсивности использования жизненного времени, коэффициент потерь времени и показатель фактического резерва времени. Прикладная часть реализована с использованием программного продукта Business Studio. **Выводы**. При проведении анализа и построении модели причинно-следственных связей был выявлен ряд причин неэффективного управления временем в системе ресурсного обеспечения стратегического проектного менеджмента примере целевой группы студентов, каждый из которых рассмотрено как аналог проектно-ориентированной организации. Даны рекомендации по совершенствованию процесса управления временем в личностном стратегическом планировании за счет использования построенной модели. Полученные результаты могут быть использованы как инструмент противодействия неэффективному использованию времени в проектно-ориентированных организациях.

Ключевые слова: стратегический проектный менеджмент, управление временем, причинно-следственный анализ, приоритетное число риска.

## MODEL OF TIME MANAGEMENT IN THE SYSTEM OF STRATEGIC PROJECT MANAGEMENT

The **subject** of research of the article is the process of choosing ways to improve time management as one of the major resources of the projects with strategic project management positions. The **goal** – to build a model of time management in resource system of providing strategic project management. **Objectives**: To examine the individual that takes management decisions as counterpart project-oriented organization; to identify causal relationships that lead to a lack of time of students; to identify constraints in the model of time management of a student; to build a model of time management and make recommendations on its use. It is used general scientific **methods**, such as: system analysis, structural analysis, inconsistencies, their consequences and causes of FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), project management methods. To visualize the causation factors studied by the classification it is used Ishikawa diagram. The following **results** are obtained. In the article, the authors developed a model of time management activities in project-oriented organizations. Research conducted on materials where strategic management of project-oriented organization is considered as an example of self-management student, who in turn acts analogous to project-oriented organization. On the basis of the results of causal analysis of factors leading to a lack of time students, a model of time management is built. The model included the use of extensiveness factor of life time, factor of loss and the actual rate of reserve of time. Applied part is implemented using Business Studio software. **Conclusions**. When analyzing and building models of causality was found several reasons for ineffective time management system of resource providing of strategic project of management on the example of the target group of students, each of which is considered as an analogue of project-oriented organizations. The recommendations for improving the process of time management in personal strategic planning through the use of the constructed model are given. The results can be used as a tool for combating inefficient use of time in project-oriented organizations.

**Keywords**: strategic project management, time management, causal analysis, risk priority number

А. А. Клочко, А. Н. Шелковой, В. Ф. Шаповалов, А. В. Беловол, О. А. Анцыферова

## ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗАКАЛЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ

**Предметом** исследования в статье являются актуальные вопросы, связанные с разработкой технологии ремонта и восстановления крупногабаритных зубчатых колес приводов шагающих экскаваторов, рудоразмольных мельниц, шаровых мельниц. **Цель** – разработка новой технологии ремонта и восстановления крупногабаритных зубчатых колес модулем ( $m=12-65$  мм). **Задачей** является получение гарантированного качества восстановления зубчатых венцов после ремонта при высокопроизводительной обработке крупногабаритных колес, работающих в агрессивной абразивной среде. Предложен метод прерывистого обката с использованием дисковых немодульных фрез (размеры фрезы не зависят от модуля обрабатываемых зубьев), оснащенных керамическими пластинками и специальными фрезерными суппортами. Метод прерывистого обката используется на зубострогальных и зубошлифовальных станках и обладает тем преимуществом, что в момент рабочего хода инструмента заготовка либо неподвижна, либо совершает незначительный поворот, т.е. обработка протекает по сравнению с методом обкатки, в более жестких условиях. **Результаты** внедрения. Для реализации новой высокоскоростной технологии зубообработки были приняты два направления. Первое заключалось в разработке несложных по конструкции специальных фрезерных суппортов, устанавливаемых на зубострогальных станках фирмы "MAAG" (Швейцария). Второе учитывало крайне малое число заводов, имеющих станки фирмы "MAAG", и потому предусматривало разработку, изготовление и внедрение на заводах специальных фрезерных суппортов к широко распространенным вертикально-зубофрезерным станкам. Внедрение новой технологии ремонта и восстановления зубчатых колес при чистовой обработке закаленных колес с использованием зубострогального станка производилось в производственных условиях при обработке колес псевдопланетарного редуктора со следующими характеристиками:  $m = 28$  мм;  $z_1 = 1$ ;  $z_2 = 24$ ;  $z_3 = 32$ ;  $b = 400$ ;  $\beta_0 = 0^\circ$ ; сталь 34ХМЮА; HRC 48...54. По сравнению с процессом зубошлифования, при котором в поверхностном слое детали создаются растягивающие напряжения, лезвийная обработка наиболее благоприятна. Сжимающие напряжения повышают износостойкость деталей, контрактную и изгибную прочность зубчатых передач. **Выводы.** Промышленное внедрение новой технологии лезвийной зубообработки ремонтных и восстановленных крупногабаритных зубчатых колес позволяет в 3–4 раза снизить трудоемкость чистовой операции, а также исключает необходимость приобретения по импорту дорогостоящих и малопроизводительных зубошлифовальных станков. При этом качество поверхности зубьев выше, чем в случае зубошлифования, т.к. исключаются такие дефекты, как прижоги, микротрещины.

**Ключевые слова:** технологии ремонта и восстановления, крупногабаритные зубчатые колеса, метод прерывистого обката, дисковые немодульные фрезы, высокоскоростная технология, специальные фрезерные суппорта.

### Введение

Разработка технологии ремонта и восстановления крупногабаритных зубчатых колес приводов шагающих экскаваторов, рудоразмольных мельниц, шаровых мельниц для помола угля является актуальным направлением из-за относительно малого срока службы колес, работающих в агрессивной абразивной среде, и, при этом, высокой себестоимостью и трудоемкостью их изготовления. Теоретически при таком значительном числе зубьев (200...400), модулем от 12 до 65 мм изношенные зубья колес можно восстановить с помощью угловой коррекции, но с изготовлением новой ведущей шестерни при постоянном межцентровом расстоянии.

### Анализ литературных данных и постановка проблемы

При реверсивной работе крупногабаритного зубчатого колеса зуб изнашивается по левому и правому профилю, смещение инструмента при восстановлении для модуля  $m = 28$  мм может составлять  $h = 30$  мм, что недопустимо уменьшит сечение и прочность основания зуба и наружный диаметр зубчатого венца. Ремонт и восстановление зубьев наплавкой под слоем флюса увеличивает время наплавки из-за малой длины наплавляемых валиков и

необходимости после нанесения каждого валика тщательно выполнять зачистку впадины зубьев от шлака [1]. И при современных инновационных технологиях ремонта и восстановления зубьев колес, наплавку ведет с подложкой в 2–4 слоя, в зависимости от материала зубчатого колеса и требуемых параметров твердости поверхностного слоя зубьев колес.

Применение технологии электрошлаковой наплавки зубьев с использованием плавящегося мундштука для крупногабаритных колес вызывает деформации зубьев [1]. При наплавке изношенных зубьев в среде углекислого газа с последующей механической обработкой венцовых колес, изготавливаемых из литой среднеуглеродистой стали с содержанием углерода (0,4...0,5) % из-за быстрого термического нагрева и охлаждения возможно появление закалочных структур с высокой твердостью и низкой пластичностью. При наложении последующих валиков температура нагрева этой зоны не выше критической, поэтому перекристаллизации не происходит, а эффект отпуска проявляется слабо. Исследование микроструктуры и микротвердости в процессе экспериментального подбора режима наплавки подтверждает возможное появление участков толщиной до  $0,3 \times 5$  мм с твердостью свыше HRC 48-63. Режим наплавки первого валика и время наложения следующего слоя подбирают так, чтобы

появление закалочных структур максимально исключить. Обеспечить такие условия можно, если перед наложением второго валика температура участка зоны термического влияния рядом с линией сплавления не будет ниже температуры начала мартенситного превращения. Нагрев последующими валиками обеспечит распад аустенита с образованием феррито-перлитной структуры. Наплавку рекомендуется производить полуавтоматом А537 с источником питания ВДУ505. Наплавочная проволока Св 08Г2С диаметром 1,6 мм. Режим наплавки: напряжение 26 В; сварочный ток (250-300) А; скорость наплавки около 230 м/ч. После наплавки зубья предварительно зачищали для подготовки к предварительной и окончательной обработке на зубофрезерных станках повышенной надежности с применением специальных технологий и лезвийного инструмента [1] с формированием впадины зуба по высоте.

### Цель и задачи исследования

В связи с тем, что тяжелые зубофрезерные станки по жесткости и быстроходности не предназначены для работы методом обкатки твердосплавными червячными фрезами, а также из-за сравнительно невысокой стойкости используемых отечественных твердых сплавов, производственный опыт ряда заводов показал, что точность обработки колес ( $m > 12$  мм) по нормам плавности и контакта не превышает 10–12-ой степеней точности по ГОСТ 1643-81 [2, 3, 4].

Поэтому для предварительного и окончательного прохода зубообработки колес крупного модуля ( $m = 12-65$  мм) предложен метод прерывистого обката с использованием дисковых немодульных фрез (размеры фрезы не зависят от модуля обрабатываемых зубьев), оснащенных керамическими пластинками и специальными фрезерными суппорта [1]

Метод прерывистого обката используется на зубострогальных и зубошлифовальных станках и обладает тем преимуществом, что в момент рабочего хода инструмента заготовка либо неподвижна, либо совершает незначительный поворот, т.е. обработка протекает по сравнению с методом обкатки, в более жестких условиях.

Кроме того, при этом методе частота вращения инструмента не связана кинематически с частотой вращения заготовки, что позволяет использовать в качестве режущих материалов керамику и сверхтвердые материалы, т.е. увеличить скорость резания в 3–4 раза (до 5–8 м/сек) и обеспечить повышение производительности обработки при высоком качестве обработанной поверхности зубьев. Обработка проходит при увеличенном по сравнению с червячной фрезой, количестве резцов, профилирующих эвольвентную поверхность зубьев, что формирует высокую их точность и низкую шероховатость.

### Материалы и методы исследований

Для реализации новой высокоскоростной технологии зубообработки были приняты два направления. Первое заключалось в разработке несложных по конструкции специальных фрезерных суппортов, устанавливаемых на зубострогальных станках фирмы "MAAG" (Швейцария). Второе учитывало крайне малое число заводов, имеющих станки фирмы "MAAG", и потому предусматривало совместно с ОАО "КЗТС" (г. Коломна) разработку, изготовление и внедрение на заводах отрясли специальных фрезерных суппортов к широко распространенным вертикально-зубофрезерным станкам [2, 5, 6, 8].

Для обоих направлений была выбрана наиболее простая по реализации схема резания, представленная на рис. 1.

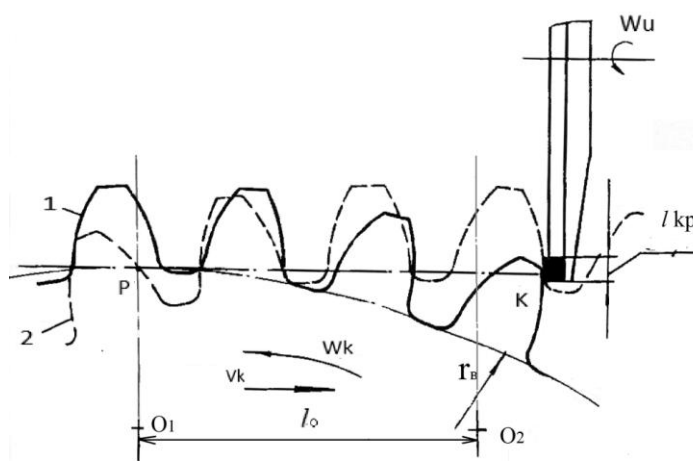


Рис. 1. Схема резания для специальных суппортов:

1 – начальное положение колеса; 2 – конечное положение колеса после обработки одного профиля

Согласно схеме, в качестве станочной линии зацепления пары инструмент-деталь используется нормаль к эвольвентам РК, расположенная горизонтально. Профильный угол зубьев инструмента

– дисковой фрезы, близок к  $\alpha_u = 0^\circ$ . Фреза в первоначальный момент обработки расположена со

смещением относительно оси колеса на расстоянии  $l_0$ , определяемом по зависимости

$$l_0 = r_b \cdot X \operatorname{tg} \alpha_a \quad (1)$$

где  $r_b$  – радиус основной окружности зубьев колеса;

$\alpha_a$  – угол профиля эвольвенты на вершине зуба.

Обработка правой и левой боковых поверхностей зубьев колеса осуществляется отдельно, обработка ведется за два подхода.

Выбранная схема позволяет оснастить дисковые фрезы 4-х-гранными керамическими пластинками с размерами 12,7×12,7 мм или элементами из сверхтвердых материалов. Инструмент при этом не требует заточки, удобен в эксплуатации и ремонте. Так как обработка эвольвентных поверхностей зубьев производится практически одними и теми же участками пластин, то это повышает точность обработки профиля зубьев.

На рис. 2 показана рабочая конструкция специального суппорта, устанавливаемого на зубострогальных станках [7, 9, 10]. Суппорт состоит из электродвигателя 1; клиноременной передачи 2, шпинделя 3, дисковой фрезы 4, опорной плиты 5. Фрезерный суппорт устанавливается на ползуне станка взамен суппорта, несущего зубострогальную гребенку. В зависимости от того, какую сторону зубьев необходимо обработать, на суппорте устанавливают фрезу леворежущую или праворежущую.

В процессе обработки дисковая фреза совершает возвратно-поступательное движение вверх-вниз, аналогично движению зубострогальной гребенки.

После обработки одной боковой поверхности всех зубьев колеса на суппорте меняется, например, леворежущая фреза на праворежущую, изменяется направление вращения и ход колеса на обратные и производится обработка другой боковой поверхности зубьев.

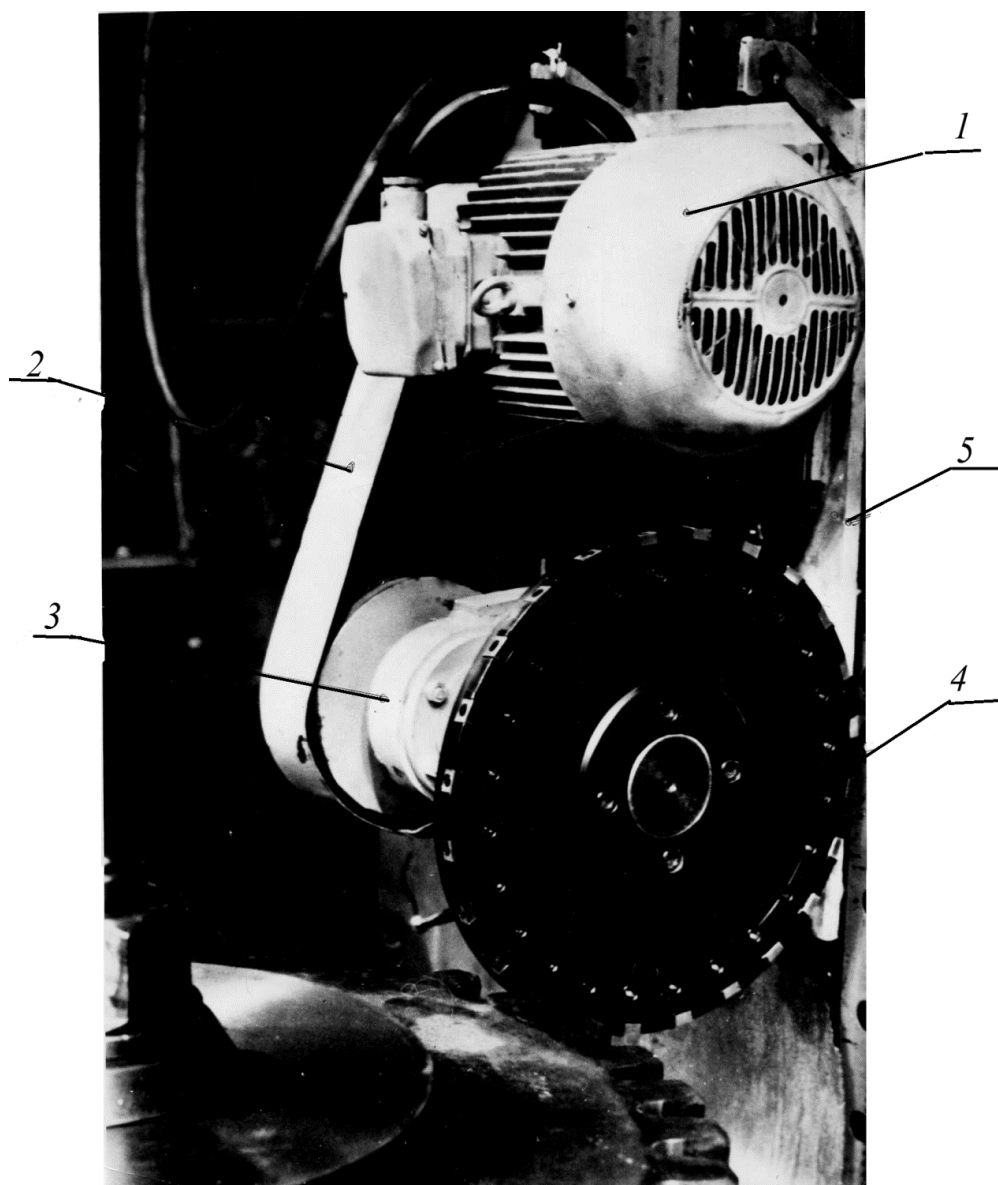


Рис. 2 – Рабочая конструкция спецсуппорта к зубострогальному станку фирмы "МАОГ":

1 – клиноременная передача; 2 – шпиндель; 3 – дисковая фреза; 4 – опорная плита; 5 – фрезерный суппорт

### Результаты исследований

Первичное внедрение новой технологии ремонта и восстановления зубчатых колес при чистовой обработке закаленных колес с использованием зубострогального станка производилось в производственных условиях при обработке колес псевдопланетарного редуктора со следующими характеристиками:  $m = 28$  мм;  $z_1 = 1$ ;  $z_2 = 24$ ;  $z_3 = 32$ ;  $b = 400$ ;  $\beta_0 = 0^\circ$ ; сталь 34ХМЮА; HRC 48...54.

Зубообработка проводилась на зубострогальном станке (рис. 2) фирмы "МАОГ" (Швейцария) модели HS-450/500.

Согласно техническим требованиям, точность колес должна была соответствовать по нормам кинематической точности, плавности и контакта – 8-й степени. Вместе с тем, в связи с высокими требованиями по изгибной и контактной прочности, шлифовка зубьев, с целью исключения прижогов и микротрещин, не допускалась.

Режимы резания при обработке колес использовались следующие.

Черновой проход: глубина резания – 0,4–0,6 мм; число двойных ходов инструмента за один цикл обработки – 80; скорость движения ползуна – 6 м/мин;

частота вращения фрезы – 250 мин<sup>-1</sup>; скорость резания – 320 м/мин.

Чистовой приход: глубина резания – 0,3 мм; число двойных ходов инструмента за цикл обработки – 80; скорость движения ползуна – 6 м/мин; частота вращения фрезы – 250 мин<sup>-1</sup>; скорость резания – 320 м/мин.

Обработка велась без применения смазывающе-охлаждающих жидкостей. Направление фрезерования встречное.

Процесс обработки протекал плавно, без вибраций инструмента, суппорта и заготовки. Машинное время обработки составило 8 часов. Максимальный износ пластин после чистового прохода не превышал 0,2–0,3 мм.

Контроль параметров точности обработки колес производился с использованием следующих приборов: универсальная измерительная машина мод. PSFU-1600 фирмы "Клингелберг" (ФРГ), накладной прибор для измерения шероховатости поверхности фирмы "Суртроник" (Англия). Результаты измерений представлены в таблице 1.

На рис. 3 показан общий вид закаленного зубчатого колеса  $m = 28$  мм,  $z_1 = 24$ , обработанного по новой технологии.

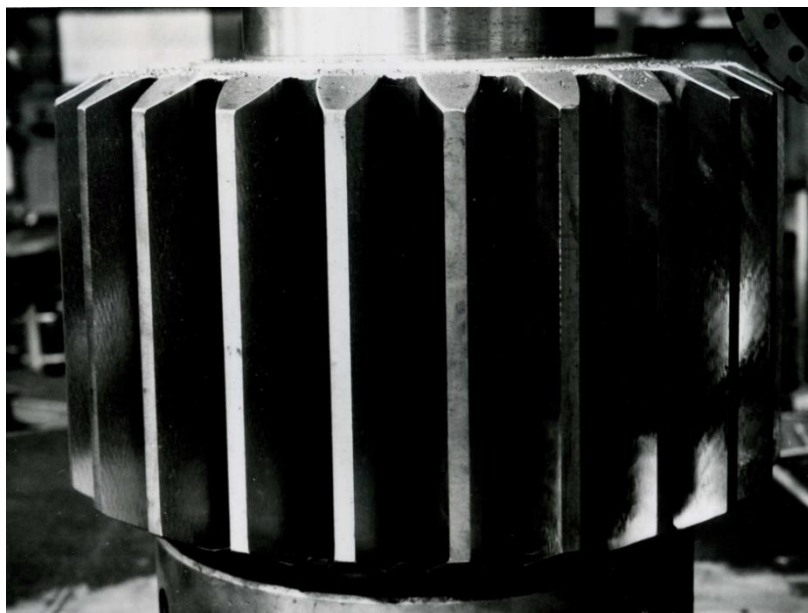


Рис. 3. Зубчатое колесо  $m = 28$  мм,  $z_1 = 24$ , обработанное по новой технологии лезвийной обработки

### Обсуждение результатов

Для исследования качества поверхностного слоя из зубьев обработанных колес были вырезаны образцы. Нетравленные образцы зубьев помещали в металлографический микроскоп "Neophot-21" (Англия). В результате визуальных наблюдений на обработанных поверхностях прижоги не были обнаружены. Микротрещины и другие дефекты обнаружены не были. Травление образцов зубьев, а также шлифов проводилось в 4 % растворе азотной кислоты в этиловом спирте.

На травленных образцах прижоги и микротрещины обнаружены не были [2, 8, 11].

Металлографические исследования образцов (шлифов) позволили сделать следующие выводы: структура образцов ферритно-перлитная.

Поверхностная микротвердость измерялась на приборе "ПМТ-3" при нагрузке 20 гс интервалом по глубине 0,02 мм.

Измерения микротвердости показали наличие наклепанного слоя глубиной 0,04 (H0,196 = 2260-2340 Н/мм<sup>2</sup>). Результаты замеров приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Микротвердость образцов зубьев

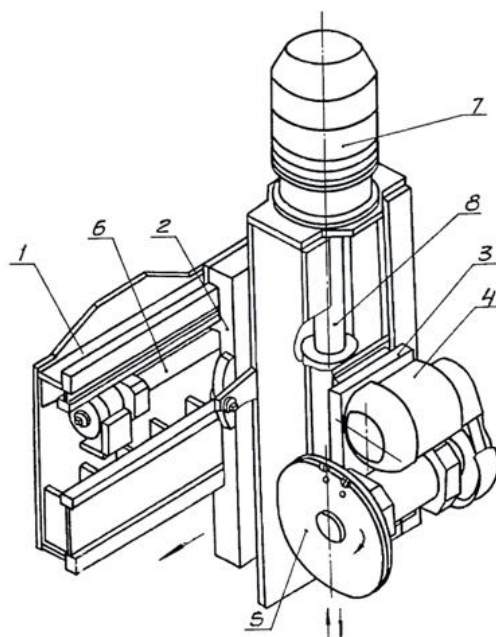
Глубина замера, мм	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
Микротвердость, МПа	2260	2340	2040	2040	2040	1950	1950

Наличие наклепа свидетельствует о присутствии в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия.

По сравнению с процессом зубошлифования, при котором в поверхностном слое детали создаются растягивающие напряжения, лезвийная обработка, как видим, более благоприятна. Сжимающие напряжения повышают износостойкость деталей, контрактную и изгибную прочность зубчатых передач.

Промышленное внедрение новой технологии лезвийной обработки закаленных колес после наплавки с использованием зубострогальных станков, было также проведено для венцов диаметром до 8 м.

На рис. 4 показана принципиальная конструкция специального суппорта к вертикально-зубофрезерному станку.

**Рис. 4.** Принципиальная конструкция спецсуппорта к вертикально-зубофрезерному станку

Суппорт (рис. 4) состоит из основания 1, присоединяемого к колонне станка, поперечной траверсы 2, на которой размещена инструментальная каретка 3, с индивидуальным приводом 4 и дисковой фрезой 5.

Тангенциальное перемещение  $V_m$  траверсы 2 осуществляется с помощью ходового винта 6, а возвратно-поступательные перемещения вверх-вниз  $V_{in}$  каретки 3 с инструментом осуществляется с помощью высокомоментного электродвигателя и шариковой винтовой пары (ШВП) 8 [2,3].

По техническому заданию был изготовлен специальный суппорт (рис. 5) к вертикально-зубофрезерному станку мод. 5А342П.

Техническая характеристика спецсуппорта следующая:

1. Диаметр обрабатываемых зубчатых колес, мм:  
- наибольший – 1500;  
- наименьший – 300.
2. Наибольшая ширина обрабатываемых колес, м:  
- прямозубых – 500.  
Косозубых с углом наклона  $15^\circ$  – 400.

3. Наибольший угол наклона обрабатываемых зубьев, градус –  $15^\circ$ .

4. Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм – 30.

5. Частота вращения фрезы, об/мин – 187,5 ( $3,1 \text{сек}^{-1}$ ).

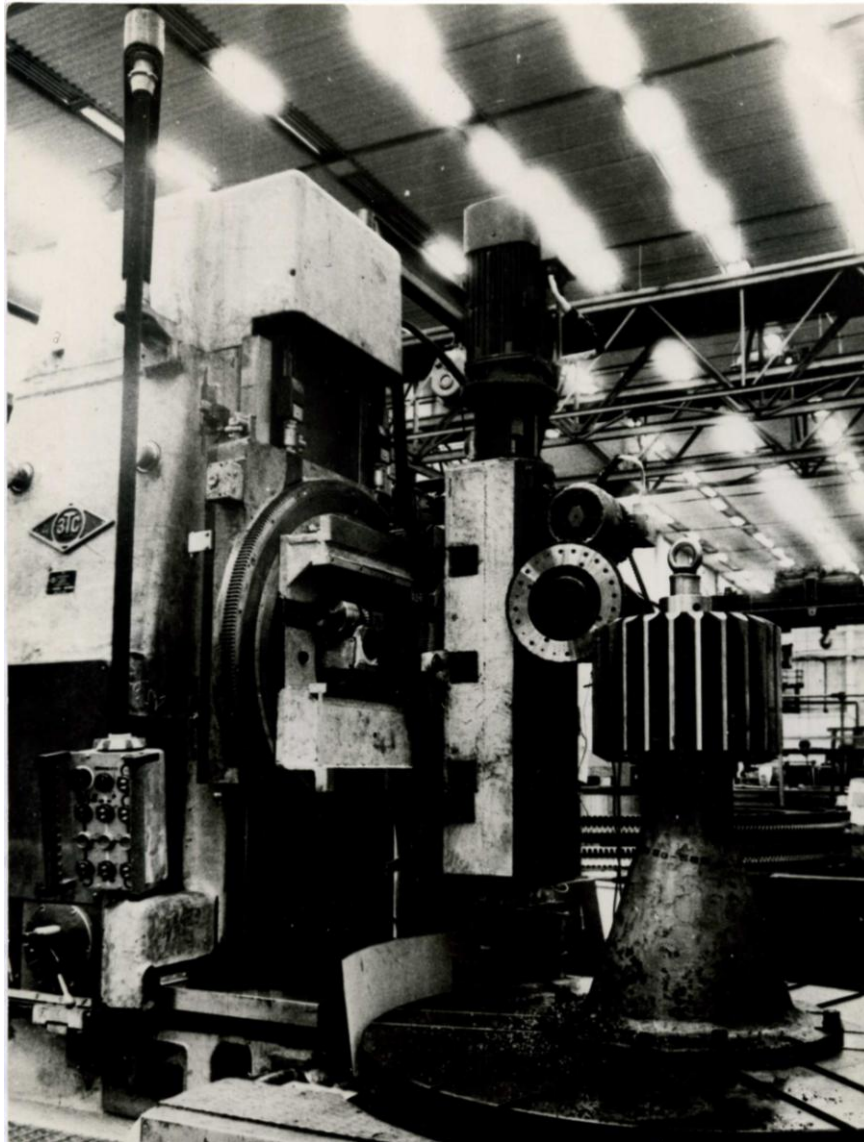
6. Наибольшая вертикальная подача фрезы, мм/мин – 15000.

7. Наибольшее количество резцов при обработке эвольвенты зуба – 60.

8. Диаметр фрезы, мм – 450.

Настойка и наладка станка при работе спецсуппорта производится так же, как и при нарезании косозубых зубчатых колес методом единичного деления.

Обработка зубьев происходит при согласованных движениях вращения стола с заготовкой и тангенциального перемещения каретки с инструментом.



**Рис. 5.** Обработка закаленного колеса  $m = 20$  мм,  $z = 29$  с использованием специального суппорта для вертикально-зубофрезерного станка мод. 5A342П

Суппорт предназначался, в первую очередь, для чистовой обработки восстановленных закаленных колес и приводных шестерен рудо- и углеразмольных мельниц взамен зубошлифования и с целью исключения кооперации производства или приобретения импортного дорогостоящего зубошлифовального оборудования.

Согласно принятой схеме резания (рис. 1) для обработки правой или левой боковых поверхностей зубьев-устанавливают и закрепляют в специальном суппорте, соответственно, правую или левую фрезу.

Дисковые фрезы одностороннего и двухстороннего резания были оснащены 4-х гранными поворотными пластинами размером  $12,7 \times 12,7$  мм, из керамики марки ВОК-71.

Обрабатывались закаленные зубчатые колеса со следующей характеристикой:  $m = 20$  мм;  $z_k = 29$ ;  $b = 420$  мм;  $\beta_0 = 5^\circ 38'$ ; сталь 45; HRC 50...55.

Чистовое зубонарезание осуществлялось встречным и попутным фрезерованием на каждый двойной ход инструмента без изменения охлаждения.

Режимы резания, следующие:

- глубина резания – 0,25-0,35 мм;
- число двойных ходов инструмента за один цикл обработки – 80 дв.х.;
- скорость движения ползуна – 6 м/мин;
- частота вращения фрезы – 250 мин<sup>-1</sup>;
- скорость перемещения инструментальной каретки 8 м/мин.

Машинное время обработки колеса составило бчасов, что в 6-7 раз меньше, чем в случае применения зубошлифования. По разности соседних окружных шагов зубьев и шагу зацепления колесо соответственно 7-й степени точности по ГОСТ 1643-81. Шероховатость обработанных поверхностей зубьев находилась в пределах Ra 2,5–1,25 мкм. Установлено, что новый технологический процесс чистовой зубообработки по точности и качеству не уступает зубошлифованию, но в 6–7 раз более производителен и исключает в производственных условиях АО "СЗТМ"

приобретение по импорту тяжелых зубошлифовальных станков.

Для сокращения вспомогательного времени зубообработки за счет устранения переустановок дисковых фрез на спецсуппорте разработана дисковая фреза двухстороннего резания (рис.6), позволяющая вести обработку обеих боковых поверхностей зубьев колеса [4].

Отличительной особенностью фрезы двухстороннего резания является наличие второго ряда режущих пластин, смещенных относительно

первого ряда на половину окружного шага. В процессе обработки вначале одним рядом пластин обрабатывают одну из боковых поверхностей зубьев колеса, например, правую, а затем, после реверса колеса и направления тангенциального перемещения каретки с инструментом, обрабатывают вторую – левую боковую поверхность.

Такая конструкция дисковой фрезы позволяет сократить номенклатуру зуборезного инструмента и экономить вспомогательное время на переустановку инструмента [9, 11].

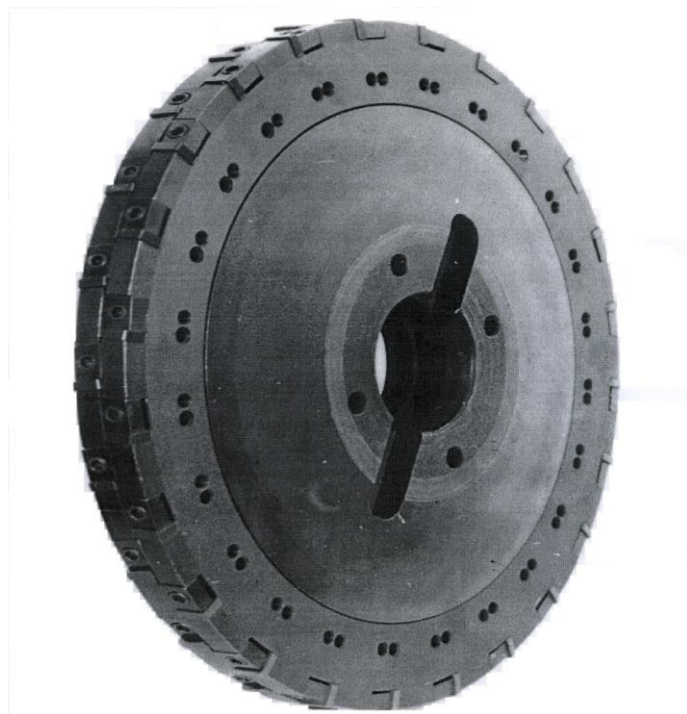


Рис. 6. Дисковая фреза двухстороннего резания  $t = 20\text{--}36$  мм

### Выводы

Промышленное внедрение новой технологии зубообработки ремонтных и восстановленных крупногабаритных зубчатых колес позволяет в 3-4 раза снизить трудоемкость чистовой операции, а также исключает необходимость приобретения по импорту дорогостоящих и малопроизводительных

зубошлифовальных станков. При этом качество поверхности зубьев выше, чем в случае зубошлифования, т.к. исключаются такие дефекты, прижоги, микротрещины, а в поверхностном слое образуются благоприятные напряжения сжатия.

Эксплуатация ремонтных и восстановленных крупногабаритных зубчатых колес показала, что срок службы колес того же порядка что и новых.

### Список литературы

1. Фрумин И. И. *Автоматическая электродуговая наплавка*. Харьков: Металлургиздат. 1961. 421 с.
2. Тимофеев Ю. В., Шаповалов В. Ф., Клочко А. А. *Специальные технологии зубообработки крупномодульных закаленных колес*: монография. Краматорск : ДГМА. 2011. 128 с. ISBN 978-966-379-524-9.
3. Тимофеев Ю. В., Мироненко Е. В., Клочко А. А., Шаповалов В. Ф. "Технологические аспекты обработки крупномодульных закаленных зубчатых колес". *Надежность инструмента и оптимизация технологических систем* : сб. науч.тр. Краматорск : ДГМА.2010. Вып. 26. С. 183–190.
4. Шаповалов В. Ф., Печеный В. И., Аристархов Н. И. "Расширение технических возможностей тяжелых зуборезных станков". *Вестник машиностроения*. 1994. № 6. С. 30–31.
5. Шаповалов В. Ф., Печеный В. И., Клочко А. А., Руин Г. Н., Налетов С. П., Аристархов Н. И., Коротков В. Д., Лобанов Н. А., Кузнецов А. В. Пат. 2082567 Российская Федерация, МКИ В23 F 5/00. Зубообрабатывающий станок. № 92009350. заявл. 01.12.1992; опубл. 27.06.1997. Бюл. № 18. 6 с. : ил.
6. Тимофеев Ю. В., Мироненко Е. В., Клочко А. А., Шаповалов В. Ф., Мироненко О. Е. Технология обработки крупномодульных закаленных зубчатых колес твердосплавными червячными фрезами". *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"* : зб. наук. пр. Тематичний випуск : *Технології в машинобудуванні*. Харків : НТУ ХПІ. 2010. № 40. С. 109–123.
7. Тимофеев Ю. В., Мироненко Е. В., Клочко А. А., Шаповалов В. Ф., Мироненко О. Е. "Обеспечение технологической точности обработки крупномодульных зубчатых колес специальным профилированием фрез". *Вісник Національного*

- технічного університету "Харківський політехнічний інститут": зб. наук. пр. Тематичний випуск: *Технології в машинобудуванні*. Харків: НТУ ХПІ. 2010. № 24. С. 77–83.
8. Тимофеев Ю. В., Клочко А. А., Шаповалов В. Ф. "новая технология скоростной обработки закаленных крупномодульных зубчатых колес специальными дисковыми фрезами". *Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія "Машиноприладобудування та транспорт"*. Севастополь. 2011. Вип. 118. С. 139–144.
  9. Литвинов В. М., Мironenko Е. В., Шелковой А. Н., Гасанов М. И., Клочко А. А. "Технологические особенности спрейной закалки крупногабаритных зубчатых колес в тяжелом машиностроении". *Надежность инструмента и оптимизация технологических систем*: сб. науч. тр. Краматорск: ДГМА. 2016. Вип. 38. С. 51–59.
  10. Шаповалов В. Ф., Пермяков А. А., Клочко А. А., Лишенко А. Н. "Скоростное зубофрезерование закаленных зубчатых колес. Важке машинобудування". *Проблеми та перспективи розвитку: матеріали п'ятнадцятої Міжнар. наук.-техн. конф., 30 травня – 1 червня 2017 р.* Під заг. ред. В. Д. Ковальова. Краматорськ: ДДМА. 2017. С. 96.
  11. Шелковой А. Н., Пермяков А. А., Клочко А. А., Анцыферова О. А., Шаповалов В. Ф. "Технологические возможности зубообработки высокоточных крупногабаритных зубчатых венцов". *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2017)*: матеріали тез доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 24–27 квіт. 2017 р.): у 2-х т. Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. Чернігів: ЧНТУ. 2017. Т. 1. С. 163–164.

## References

1. Frumin, I. (1961), *Automatic electric arc surfacing*. Kharkov: Metallurgizdat. 421 p.
2. Timofeev, Yu., Shapovalov, V., Klochko, A. (2011), *Special technologies of gear-cutting of coarse-grained hardened wheels*: monograph. Kramatorsk: DGMA. 128 p. ISBN 978-966-379-524-9.
3. Timofeev, Yu., Mironenko, E., Klochko, A., Shapovalov, V. (2010), "Technological aspects of treatment of coarse-grained hardened gears". *Tool reliability and optimization of technological systems*: Sat. sci. tr. Kramatorsk: DGMA. Issue 26. P. 183–190.
4. Shapovalov, V., Pechenyi, V., Aristarkhov, N. (1994), "Expansion of technical capabilities of heavy gear cutting machines". *Bulletin of Mechanical Engineering*. P. 30–31.
5. Shapovalov, V., Pechenyi, V., Klochko, A., Ruin, G., Naletov, S., Aristarkhov, N., Korotkov, V., Lobanov, N., Kuznetsov, A. (1997), Pat. 2082567 The Russian Federation. MKI B23 F 5/00. Gear processing machine. No. 92009350. 01.12.1992; publ. 27.06.1997. Bul. No. 18. 6 with. : ill.
6. Timofeev, Yu., Mironenko, E., Klochko, A., Shapovalov, V., Mironenko, O. (2010), "Technology of processing coarse-modulus hardened gears with carbide-tipped worm cutters". *The Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute" sciences. Ave. Subject visas: Technologies in machinebuilding*. Kharkov: NTU HPI. No. 40. P. 109–123.
7. Timofeev, Yu., Mironenko, E., Klochko, A., Shapovalov, V., Mironenko, O. (2010), "Provision of technological accuracy of processing coarse-grained cogwheels with special profiling of milling cutters". *The Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute" sciences. Ave. Subject visas: Technologies in machinebuilding*. Kharkov: NTU HPI. No. 24. P. 77–83.
8. Timofeev, Yu., Klochko, A., Shapovalov, V. (2011), "New technology of high-speed processing of hardened coarse-grained cogwheels with special disk cutters". *News of SevNTU: " : zb sciences. etc. A series of "Mashinoprikladobuduvannya that transport."* Sevastopol. No. 118. P. 139–144.
9. Litvinov, V., Mironenko, E., Shelkova, A., Gasanov, M., Klochko, A. (2016), "Technological features of spray hardening of large-sized gears in heavy engineering." *Tool reliability and optimization of technological systems*: Sat. sci. tr. Kramatorsk: DGMA. Vol. 38. P. 51–59.
10. Shapovalov, V., Permyakov, A., Klochko, A., Lishenko, A. (2017), "High-speed gear milling of hardened cog wheels". *The problems are that prospect of development: the material of the fifteenth Mizhnar. Sciences: -techn. conf., 30 April – 1 June 2017.* For the issue Ed. VD Koval'ova. Kramatorsk: DDMA. P. 96.
11. Shelkova, A., Permyakov, A., Klochko, A., Antsyferova, O., Shapovalov, V. (2017), "Technological possibilities of gear processing of high-precision large-sized gear wreaths". *The complex is responsible for the processing of technological systems (KZYATPS-2017): material theses of the VII International Scientific and Practical Conference (Chernigiv, 24-27 quarters, 2017): 2 tons of Chernigiv National Technical University [and others]; inv for the issue: Eroshenko A. M. [ and others]. Chernigiv: CHNTU. T. 1. P. 163–164.*

Received 11.10.17

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

**Клочко Олександр Олександрович** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, м. Харків, Україна; e-mail: ukrstanko21@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2841-9455.

**Клочко Олександр Олександрович** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри технології машинобудування та металорежущих станків, г. Харьков, Украина; e-mail: ukrstanko21@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2841-9455.

**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; e-mail: ukrstanko21@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2841-9455.

**Шелковий Олександр Миколайович** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, м. Харків, Україна; e-mail: alnikshelk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7414-4854.

**Шелковой Александр Николаевич** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри технології машинобудування та металорежущих станків, г. Харьков, Украина; e-mail: alnikshelk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7414-4854.

**Shelkovoy 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; e-mail: alnikshelk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7414-4854.

**Шаповалов Віктор Федорович** – кандидат технічних наук, ВАТ "Науково-дослідний проектно-технологічний інститут машинобудування", старший науковий співробітник, м. Краматорськ, Україна; e-mail: alnikshelk@gmail.com; ORCID 0000-0002-2688-8242.

**Шаповалов Виктор Федорович** – кандидат технических наук, ОАО "Научно-исследовательский проектно-технологический институт машиностроения", старший научный сотрудник, г. Краматорск, Украина; e-mail: alnikshelk@gmail.com; ORCID 0000-0002-2688-8242.

**Shapovalov Victor** – PhD (Engineering Sciences), JSC "Research and Design Institute of Mechanical Engineering", senior researcher, Kramatorsk, Ukraine; e-mail: alnikshelk@gmail.com; ORCID 0000-0002-2688-8242.

**Біловол Ганна Володимирівна** – кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри теплотехніки та теплових двигунів, м. Харків, Україна; e-mail: annabel731@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6168-5216.

**Беловол Анна Владимировна** – кандидат технических наук, Украинский государственный университет, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина; e-mail: annabel731@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6168-5216.

**Belovol Anna** – PhD (Engineering Sciences), Ukrainian State University of Railway Transport, Associate Professor of the Department of Heat Engineering and Thermal Engines of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine; e-mail: annabel731@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6168-5216.

**Анциферова Олеся Олександрівна** – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", асистент кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, м. Харків, Україна; e-mail: ancyferova\_olesya@mail.ru; ORCID 0000-0002-2154-6614.

**Анциферова Олеся Александровна** – Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ассистент кафедры технологии машиностроения и металлорежущих станков, г. Харьков, Украина; e-mail: ancyferova\_olesya@mail.ru; ORCID 0000-0002-2154-6614.

**Antsyferova Olesya** – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Assistant of the Department of Mechanical Engineering Technology and Machine Tools, Kharkiv, Ukraine; e-mail: ancyferova\_olesya@mail.ru; ORCID 0000-0002-2154-6614.

## ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ КРУПНОМОДУЛЬНИХ ЗАГАРТОВАНИХ ЗУБЧАТИХ КОЛІС МЕТОДОМ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЛЕЗОВОЇ ОБРОБКИ

**Предметом** дослідження в статті є актуальні питання, пов'язані з розробкою технології ремонту та відновлення великогабаритних зубчатих коліс приводів крокуючих екскаваторів, рудорозмельних млинів, кульових млинів. **Мета** – розробка нової технології ремонту і відновлення великогабаритних зубчатих коліс модулем ( $m = 12-65$  мм). **Завданням** є отримання гарантованої якості відновлення зубчастих вінців після ремонту при високопродуктивній обробці великогабаритних коліс, які працюють в агресивно абразивному середовищі. Запропоновано метод переривчастого обкату з використанням дискових немодульних фрез (розміри фрези не залежать від модуля оброблюваних зубів), оснащених керамічними пластинками і спеціальними фрезерними супортами. Метод переривчастого обкату використовується на зубостругальних і зубошліфувальних верстатах і має ту перевагу, що в момент робочого ходу інструменту заготівля або нерухома, або робить незначний поворот, тобто обробка протікає в порівнянні з методом обкатки, в більш жорстких умовах. **Результати** впровадження. Для реалізації нової високошвидкісної технології зубообробки були прийняті два напрямки. Перший полягав у розробці нескладних за конструкцією спеціальних фрезерних супортів, що встановлюються на зубостругальних верстатах фірми "MAAG" (Швейцарія). Другий враховував вкрай мале число заводів, що мають верстати фірми "MAAG", і тому передбачав розробку, виготовлення і впровадження на заводах спеціальних фрезерних супортів до широко поширених вертикально-зубофрезерних верстатів. Впровадження нової технології ремонту та відновлення зубчатих коліс при чистовій обробці загартованих коліс з використанням зубостругальних верстатів вироблялося в виробничих умовах при обробці коліс псевдопланетарного редуктора з наступними характеристиками:  $m = 28$  мм;  $z_1 = 1$ ;  $z_2 = 24$ ;  $z_3 = 32$ ;  $b = 400$ ;  $\beta_0 = 0^\circ$ ; сталь 34ХМЮА; HRC 48 ... 54. У порівнянні з процесом зубошліфування, при якому в поверхневому шарі деталі створюються розтягуючі напруги, лезова обробка найбільш сприятлива. Стискаючі напруги підвищують зносостійкість деталей, контрактну і згинальну міцність зубчастих передач. **Висновки.** Промислове впровадження нової технології лезової зубообробки ремонтних і відновлених великогабаритних зубчатих коліс дозволяє в 3-4 рази знизити трудомісткість чистової операції, а також виключає необхідність придбання за імпортом дорогих і малопродуктивних зубошліфувальних верстатів. При цьому якість поверхні зубів вище, ніж в разі зубошліфування тому, що виключаються такі дефекти, як прижоги, мікротріщини.

**Ключові слова:** технології ремонту і відновлення, великогабаритні зубчаті колеса, метод переривчастого обкату, дискові немодульні фрези, високошвидкісна технологія, спеціальні фрезерні супорти.

## TECHNOLOGY OF REPAIR AND RESTORATION OF LARGE-MODULAR GOLDEN GEAR WHEELS BY HIGH-SPEED WOOD PROCESSING

The **subject** of the research in the article are topical issues related to the development of technology for the repair and restoration of large-sized gears of drives of walking excavators, ore-grinding mills, ball mills. The **goal** is to develop a new technology for repairing and restoring large-sized gears with a module ( $m = 12-65$  mm). The **task** is to obtain a guaranteed quality of restoration of gear rims after repair with high-performance machining of large wheels operating in an aggressive abrasive environment. The method of

intermittent rolling with the use of disk non-modular cutters is proposed (the dimensions of the mill do not depend on the module of the treated teeth), equipped with ceramic plates and special milling calipers. The method of intermittent rolling is used on gear-grinding and gear grinding machines and has the advantage that at the time of the working stroke of the tool the workpiece is either stationary or makes a slight turn, i.e. The treatment proceeds in comparison with the running-in method, under more stringent conditions. **Results** of implementation. Two new directions were adopted for the implementation of the new high-speed dental processing technology. The first was the development of simple special milling calipers mounted on the chamfering machines of MAAG (Switzerland). The second accounted for the extremely small number of factories that had MAAG machines, and therefore envisaged the development, manufacture and introduction of special milling calipers to widely used vertically hobbing machines. The introduction of a new technology for repairing and rebuilding toothed wheels during the finishing of hardened wheels with the use of a gear-cutting machine was carried out in production conditions when machining the wheels of a pseudo-planetary gearbox with the following characteristics:  $m = 28$  mm;  $z_1 = 1$ ;  $z_2 = 24$ ;  $z_3 = 32$ ;  $b = 400$ ;  $\beta_0 = 0^\circ$ ; steel 34XM10AA; HRC 48 ... 54. In comparison with the process of gear grinding, in which tensile stresses are created in the surface layer of the part, the blade treatment is most favorable. Compressive stresses increase wear resistance of parts, contractural and flexural strength of gears. **Conclusions.** The industrial introduction of new technology of blade machining of repair and restored large-sized gear wheels makes it possible to reduce the labor intensity of a finishing operation 3–4 times, and also eliminates the need to purchase expensive and low-performance gear grinding machines for import. In this case, the surface quality of the teeth is higher than in the case of gear grinding, because Excludes defects such as burns, microcracks.

**Keywords:** repair and recovery technologies, large-sized cogwheels, intermittent rolling method, disk non-modular cutters, high-speed technology, special milling calipers.

---

V. KOSENKO, E. PERSIYANOVA, O. BELOTSKY, O. MALYEYeva

## METHODS OF MANAGING TRAFFIC DISTRIBUTION IN INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE SYSTEMS

The **subject** matter of the article is information and communication networks (ICN) of critical infrastructure systems (CIS). The **goal** of the work is to create methods for managing the data flows and resources of the ICN of CIS to improve the efficiency of information processing. The following **tasks** were solved in the article: the data flow model of multi-level ICN structure was developed, the method of adaptive distribution of data flows was developed, the method of network resource assignment to multi-server nodes was developed. The following **methods** used are – methods of mathematical statistics for random processes, the theory of queuing systems, methods of optimization state theory and operations research. The following **results** were obtained – the principles of managing the distribution of network traffic in the ICN of CIS were formulated and the practical requirements arising in the efficiency of data transmission were determined. The possible approaches to the formulation and solution of the listed problems were suggested according to the developed general approach to network management. The multi-level information structure was investigated. The mathematical model of data flows of a multilevel information structure of the network was developed; it has a three-level unstratified structure and consists of a number of subnets and groups of nodes. The method for adaptive management of data flows distribution was developed; this method includes the stratified two-level management which is based on the development of a multidimensional space of the network state and management parameters taking into account user activities. The management is carried out at the first level by setting the basic parameters of the network, at the second – by operational management with constant basic parameters. The method for distributing the resources of a multi-server information processing node was developed, as server systems are considered as a set of single-line queuing systems and information about the distribution of the bandwidth of communication channels is used. **Conclusions:** using the method of the adaptive management of traffic distribution enables reducing the time for processing system transactions and total costs for maintenance. The use of the method resource distribution of the server node in the course of re-engineering CIS processes minimizes the costs of servicing the data flows.

**Keywords:** information and communication network, critical infrastructure system, traffic distribution, multi-server node, data flows.

### Introduction

At the current stage of the development of critical infrastructure systems (CIS), changes in management are due to such factors as updating technical equipment, expanding the territorial scope, increasing the dynamics of the implementation of functional tasks, changing their nature and content, new technological modes of operation. In order to provide information exchange in the course of CIS operation, a single information and communication network is developed and the system of the communication and automation gradually transform to the update digital means of transmission and processing of information, to the automation of management processes [1].

Nowadays, the systems of critical infrastructure are characterized by the high intensity of data flows in the management process and the requirements for the efficiency of management, timely decision making and bringing to the executors of solutions and tasks are constantly rising [2]. In the distributed information and communication network (DICN), it is difficult to provide the required response time very difficult because of the high intensity and variety of data flows as well as due to the need to search data in large-scale repositories and databases, the complex interaction of distributed applications, the low speed of communication lines, the declaration of non-homogeneous components interaction among various ICN subnets.

The main advantages of many control systems – universality and multifunctionality quite often become the main disadvantages in CIS as the specifics of the work of the system which requires appropriate network settings and methods of managing should be taken into consideration [3].

According to the mentioned above, the development of the methods of managing the distribution of the network traffic that are aimed at solving a given set of applied tasks and at ensuring the CIS required security within the ICN environment is of primary importance.

### The analysis of the problem and available methods

While upgrading the ICN of CIS, particular attention is paid to increasing the bandwidth of channels and communication lines and finding new technical solutions that enable improving the characteristics of management processes [4].

However, a feature of many multiservice ICNs is the specific fluctuation profiles of the data flow traffic, so the ICN potential can be fully implemented only due to the efficient adaptive management of available network resources under growing requirements for the speed of information exchange.

At present, much attention is paid to the study and development of methods for building information and telecommunication networks and distributed information systems [5]. Data flows in present ICNs are characterized by heterogeneity and significant spread of parameters, which is caused by their multiservice nature, the various formats of data obtained from different sources.

Statistical analysis, mathematical modelling, static and dynamic analysis of sources and data flows are used for analyzing data flows and determining their parameters [6].

However, modelling of data flows should be based on the study of the information structure of the network. This enables the efficient use of network resources, ensuring compliance with the requirements for the reliability and speed of information processing. One of the

most promising directions for the development of methods for ICN building is the use of adaptive control methods [7].

At present, the task of studying, analyzing and modelling data flows that arise in the process of operation and interoperability of applications in a network is not formalized and requires developing the models that reflect the information and technical structure of the network and data flows available in ICN.

Traffic distribution management involves using both standard methods and algorithms of traffic management and the ones developed by users. These methods are linked with the optimization of the network performance which includes technology and scientific principles of measurement, modelling, describing and managing traffic to obtain the required performance characteristics [8]. Traffic management focuses on minimizing the loss of packets and delays, optimizing the bandwidth and agreement of the best service level.

The central function of traffic management is efficient management of bandwidth due to the optimal assignment of traffic to switching nodes. At present, different methods of traffic management are used in CIS. Most of them assume the possibility of external parametrization, that is, the transmission of traffic parameters directly to used control algorithms. Some

methods, such as, for example, the method of multiprotocol label switching of packets allow the modification or replacement of management algorithms that are a part of the management technology that is being implemented [9].

In present ICNs, a user can modify the software that controls the data transmission activity (DTA) at two levels of data flow management.

The lower level of management involves using management algorithms where the estimates for the DTA parameters obtained due to the methods that take into account the features of the data flows are transmitted. To obtain the estimates of the DTA parameters at this level, the following methods can be used [10, 11]:

- the method for estimating the size of the filtering buffers of the communication equipment;
- the method for synthesizing the stable estimation of the function of the traffic distribution density;
- the methods for managing the redistribution of virtual connection bandwidth taking into account priorities and competition among integral data streams.

The consistent application of the methods mentioned above as well as similar ones enable obtaining the estimates of traffic control parameters. The analyzed methods of the traffic distribution are summarized in Table 1.

**Table 1.** Basic methods of redistribution of the network resources

Methods	Peculiarities	Advantages	Disadvantages
Method of statistical multiplexing	implement the technology and scientific principles of measurement, modelling, description and management of traffic to obtain the required characteristics.	smooth the profile of data flows traffic	do not take into account the properties of traffic, as when the peak values of data density occur, their commencement and short duration cannot be taken into account
The method of smoothing the data flow density			
Method of assessing the size of the filtering buffers of the communication equipment	selects the optimal size of filter buffers for integral data flows that are served by a virtual channel.	enables increasing the bandwidth of virtual channels	are not used for traffic management at the upper level of management (to govern the access when receiving a query for data transfer)
The method of synthesis of a stable estimation of the function of density of traffic distribution	analyzes the integral flow of fractal data	enables getting adequate assessment of control parameters	
Methods for managing the redistribution of virtual connection bandwidth	is used while dynamic reserving the bandwidth	takes into account priorities and competition among integral data flows	

Methods of traffic management should take into account the features of the management of hierarchical systems and be based on the following principles of traffic distribution management [12]:

- the principle of decomposition;
- the principle of coordinating subnetworks operation;
- the principle of correlation the objectives of subnet management.

The traffic management includes a set of interconnected network elements, the system of monitoring the network state, a set of means for managing the configuration as a response to the current state of the network, and enables taking actions that prevent unwanted future states using the prediction of the state and trends of traffic development.

**The goal of the article** is to develop the methods of managing the flows and resources of CIS ICN to increase

the speed of data processing. The article solves the following tasks:

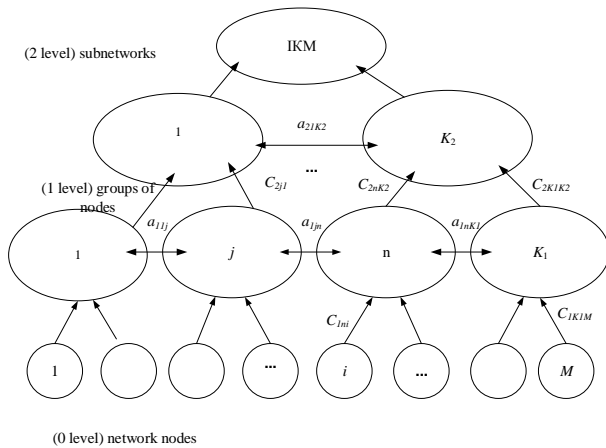
- creating the model of data flows of the ICN multilevel structure,
- developing the method of adaptive distribution of data flows,
- developing the method for distributing network resources for a multi-server node.

### Solving the task

Information and communicative networks have a multi-level structure according to CIS [13]. Let us consider the network aggregated at three levels (fig. 1):

- nodes assigned to the system users;
- groups of nodes that correspond to functional tasks;

- subnetworks that correspond to the system subsystems.



**Fig. 1.** Generalized diagram of the stratified ICN information structure

The main characteristics of this structure are the total density of data flows at each level and the absorbance between the levels (table 2).

**Table 2.** The parameters of data flows of a three-level stratified structure of ICN

Parameters	The structure level	Designation
total density of data flows	first (groups of nodes)	$A_{10}^*$
	second (subnetworks)	$A_{20}^* \mathbf{A}_1 \mathbf{C}_1$
total density of data flows in the middle of subnetwork	first	$A_1^* \mathbf{A}_1 \mathbf{C}_1$
	second	$A_2^* \mathbf{A}_2 \mathbf{C}_2$
absorbance	first	$\sigma_1 \mathbf{C}_1$
	second	$\sigma_2 \mathbf{C}_2$

To determine these characteristics, the model of the data flows of a multi-level information structure of the network is suggested.

Let us suppose that all network nodes are divided into  $k_1$  groups (group number  $n = \overline{1, k_1}$ ). Each group number  $n$  is given by the column vector

$$c_{1n}^T = c_{1n1}, \dots, c_{1ni}, \dots, c_{1nt},$$

where  $c_{1ni} = \begin{cases} 1, & \text{if the node } i \text{ is part of the group } n \\ 0, & \text{if the node } i \text{ is not part of the group } n \end{cases}$ ,

$$\sum_{i=1}^t c_{1ni} \geq 1, \quad \sum_{n=1}^{k_1} c_{1ni} = 1.$$

The matrix that groups the network nodes  $\mathbf{C}_1 = \|\|c_{1n}\|$  from the column vectors  $c_{1n}$ . The total densities of data flows that are transmitted among the network nodes while solving all the tasks are determined by the matrix  $\mathbf{A} = \|\|\alpha_{ij}\|$ , where  $\alpha_{ij}$  is the total density of data flows from the node  $i$  to the node  $j$ :

The densities of data flows among the groups can be calculated:

$$\mathbf{A}_1 \mathbf{C}_1 = \|\|a_{1ij}\| = \mathbf{C}_1 \mathbf{A} \mathbf{C}_1^T,$$

where  $a_{1ij}$  is the total density of data flows between the  $i$ -th group of nodes and the  $j$ -th group of nodes of the network information structure:

$$a_{1ij} = \sum_{k=1}^t c_{1jk} \sum_{r=1}^t c_{1ir} a_{rk}.$$

The density of data flows of one task among the groups can be calculated. Thus, for the  $k$ th task

$$\mathbf{A}_{1k} \mathbf{C}_1 = \|\|a_{1kij}\| = \mathbf{C}_1 \mathbf{A}_k \mathbf{C}_1^T,$$

where  $a_{1kij}$  is the total density of data flows of the  $k$ th task between the  $r$ th group of nodes and the  $j$ -th group of nodes of the network information structure

$$a_{1kij} = \sum_{m=1}^t c_{1jm} \sum_{r=1}^t c_{1ir} a_{krm}.$$

The obtained results enable assessing the data flows, respectively, loading the ICN structure-forming equipment at the first level in general and the flows of each task.

For the second level of the structure, the matrix that divides the first level groups into groups of the second level can be defined in the same way as well as the density of data flows among the groups of the second level and the density of the data flows of one task among the groups of the second level.

The total density of data flows in the network of the first level nodes:

$$A_{10}^* = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t a_{ij}.$$

The total density of the data flows in the middle of the first level groups

$$A_1^* \mathbf{A}_1 \mathbf{C}_1 = \sum_{i=1}^{k_1} a_{1ii},$$

where  $\mathbf{A}_1 \mathbf{C}_1$  is the total density of data flows that are transmitted only in the middle of the first level groups.

The total density of data flows at the second level:

$$A_{20}^* \mathbf{A}_1 \mathbf{C}_1 = \sum_{i=1}^{k_1} \sum_{j=1}^{k_1} a_{1ij} - \sum_{i=1}^{k_1} a_{1ii},$$

the density of data flows in the middle of the second level groups:

$$A_2^* \mathbf{A}_2 \mathbf{C}_2 = \sum_{i=1}^{k_1} a_{2ii}.$$

As a measure of the structure efficiency, the absorbance of the data flows densities at each level is used. The absorbance for the first level:

$$\sigma_1 C_1 = \frac{A_1^* A_1 C_1}{A_{10}^* A_1 C_1}, 0 < \sigma_1 < 1.$$

The absorbance for the second level:

$$\sigma_2 C_2 = \frac{A_2^* A_2 C_2}{A_{20}^* A_2 C_2}, 0 < \sigma_2 < 1.$$

The obtained result enables calculating the density of the data flows among the nodes within the group as well as the exchange of data among subnets to determine the load of communication channels and network equipment.

After the synthesis of the network structure, the task of managing traffic should be solved. The following factors that affect data flows in information and communication networks for loading communication channels and network equipment are as follows [14]:

- assigning system applications to the network nodes;
- assigning users to the network nodes;
- the density of queries flows for running applications (tasks);

- the structure of the network which specifies communication channels within the network equipment and the assignment of workstations and servers to the network equipment;
- the values of bandwidths of communication channels that are used in the network;
- the bandwidth of network equipment;
- the distribution of bandwidth of communication channels among individual tasks (task groups);
- routing data flows on the network.

However, the density of the queries flows, the composition of the users and the composition of the tasks can change over time, in addition, with the development of the network, the composition of the equipment and its parameters changes, that is, the basic parameters of the network change. All this causes the need for correction or change of control parameters of the network to achieve the necessary efficiency of its operation. The required values of performance indicators of the network related to the solution of applications should be provided [15]. To solve the given task, the method of adaptive management of data flows distribution is suggested; this method includes the following stages (fig. 2):

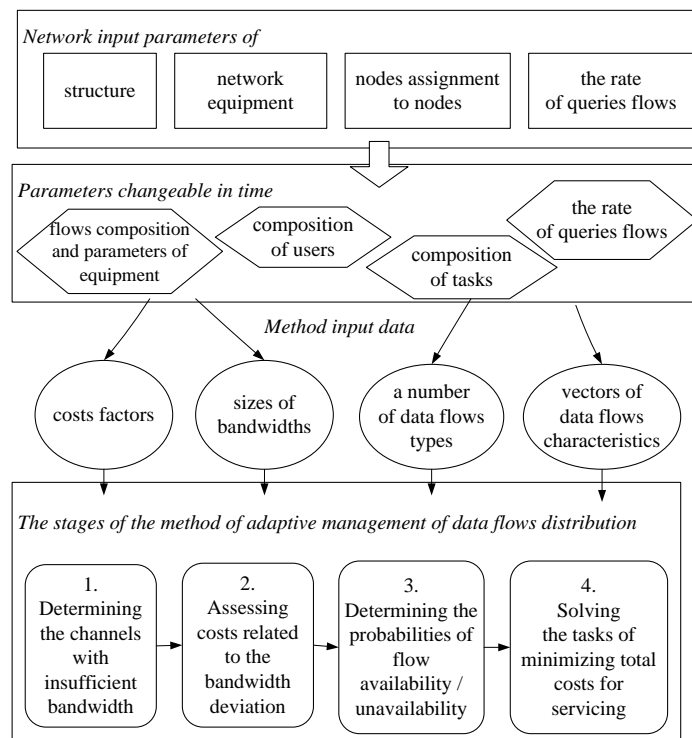


Fig. 2. The diagram of the method of adaptive management of data flows distribution

Determining the channels with insufficient bandwidth.

The bandwidth if not sufficient to meet the requirements of all types of flows, if

$$\sum_{k=1}^{\chi} \sigma_k < \sigma_{\Sigma},$$

where  $\sigma_k$  is the bandwidth of the kth type;  $\sigma_{\Sigma}$  is the general bandwidth of the communication channel;  $\chi$  is a number of flows types.

2. Assessing the costs related to the deviation of the bandwidth of the flow of k-th-type  $\mu_k$  from the required  $\sigma_k$ .

The value of the costs related to the deviation of the distributed one is determined as:

$$s_k \sigma_k, \mu_k = \sigma_k - \mu_k \delta_k (a_k - b_k) \sigma_k - \mu_k + b_k,$$

where  $a_k \geq 0$  is the amount of the penalty for the downward deviation per a nominal unit;

$b_k \geq 0$  is the amount of the extra pay for a nominal unit

of a greater bandwidth;

$$\delta_k \sigma_k - \mu_k = \begin{cases} 1 & \text{if } (\sigma_k - \mu_k) \geq 0 \\ 0 & \text{if } (\sigma_k - \mu_k) < 0 \end{cases}$$

Then, the total amount of costs for servicing the flows is:

$$S \bar{a}, \bar{b}, \bar{\sigma}, \bar{\mu}, \bar{p}, \bar{q} = \sum_{k=1}^{\lambda} p_k \sigma_k - \mu_k \delta_k (a_k - b_k) \sigma_k - \mu_k + b_k + q_k b_k \mu_k,$$

where  $\bar{a} = a_k$  i  $\bar{b} = b_k$  are the vectors of costs factors;

$\bar{\sigma} = \sigma_k$  is the vector of set values of bandwidths;

$\bar{\mu} = \mu_k$  the vector of values of actual bandwidths;

$\bar{p} = p_k$  is the vector of the probability of the fact the given flow is transmitted via the channel;

$\bar{q} = q_k$  is the vector of the probability of the fact the given flow is not transmitted via the channel.

And the density of the flow of the kth type  $v_k = \sigma_k$ .

3. Calculating the probability of flow availability/unavailability.

Let the interval duration when the flow enters the channel ( $\varphi_k$ ) and the duration of the interval when the flow does not enter the channel ( $\psi_k$ ) be random values with the distribution functions  $F_{\varphi_k}(t)$  i  $F_{\psi_k}(t)$ . Then the

probabilities of the fact that the flows of the kth type is available or is not available in the channel are determined as:

$$p_k = \frac{v_{1\varphi k}}{v_{1\varphi k} + v_{1\psi k}} \text{ and } q_k = \frac{v_{1\psi k}}{v_{1\varphi k} + v_{1\psi k}}.$$

4. Calculating the task of minimizing total costs for servicing.

The value  $\bar{\mu}^*$  should be found, when

$$S \bar{a}, \bar{b}, \bar{\sigma}, \bar{\mu}^*, \bar{p}, \bar{q} = \min_{\bar{\mu}} S \bar{a}, \bar{b}, \bar{\sigma}, \bar{\mu}, \bar{p}, \bar{q}$$

and the constraints are met:

$$\sum_{k=1}^{\lambda} \mu_k \leq \sigma_{\Sigma}; \sum_{k=1}^{\lambda} \sigma_k > \sigma_{\Sigma}.$$

The developed method enables taking into consideration the probable change of requirements of applied tasks or users' activity for various types of communication channels so that total costs for data transmission can be changed. When the CIS processes are re-engineered, a number of users can be increased as well as the densities of the flows of queries for completing tasks [16]. Taking into consideration that the centralized methods of data processing and storing are used in CIS, the method of distributing network resources in a multi-server mode is developed (fig. 3).

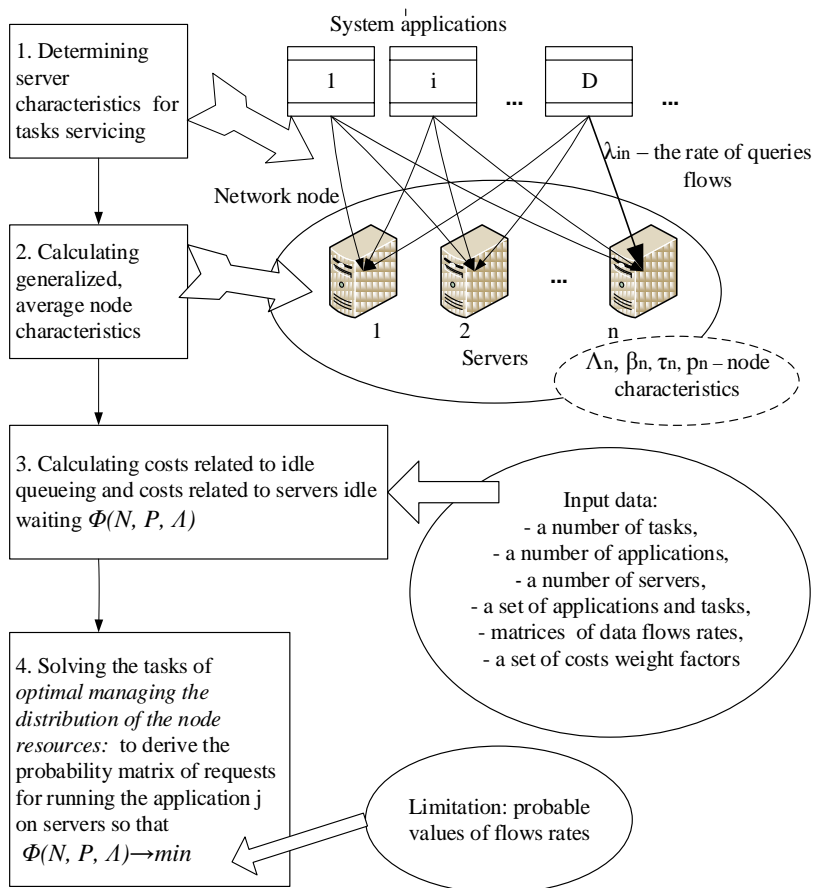


Fig. 3. The sequence of stages of the method of distributing resources of a multi-server data processing node

The method comprises the following stages:

1. Determining the server characteristics.

The densities of queries flows for completing the  $i$ th application, the vector  $\Lambda = \lambda_i$ ,  $i = \overline{1, d}$  is created. The matrix of the probability of the query for running the application  $i$  on the server  $n$  are determined as  $P = \|p_{in}\|$ . The value of the operational duration of  $i$  application on the  $n$ th server  $d_n$  is a random value with the distribution function  $F_{ni}(t)$ . A bunch of single-line queueing systems of  $M/g/1/\infty$  type can be considered as a model of the system of servers. The density of queries flows for running the  $i$ th application that is fed to the input of the  $n$ th queueing system is determined as:

$$\lambda_{in} = \lambda_i p_{in}, \quad i = \overline{1, d}, n = \overline{1, \eta}.$$

2. Calculating total and average characteristics.

Such characteristics are calculated as:

- the density of the total flow of queries to the  $n$ th server:

$$\Lambda_n = \sum_{i=1}^d \lambda_{in} = \sum_{i=1}^d \lambda_i p_{in}, \quad n = \overline{1, \eta}.$$

- the probability of the fact that the query from the queue to the  $n$ -th server will be the query of the  $i$ th application:

$$q_{in} = \frac{\lambda_{in}}{\Lambda_n}, \quad n = \overline{1, \eta}.$$

- the function of distributing the duration of processing the random query on the  $n$ th server:

$$\beta_n(s) = \sum_{i=1}^d q_{in} \beta_{ni}(s), \quad n = \overline{1, \eta},$$

$$\beta_{ni}(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} dF_{ni}(t)$$

where

- is the average time for waiting for a query in the queue:

$$\tau_n = \frac{\Lambda_n v_{2n}}{2(1 - \Lambda_n v_{1n})}, \quad n = \overline{1, \eta},$$

$$v_{1n} = \int_0^{\infty} t dF_n(t) < \infty; \quad v_{2n} = \int_0^{\infty} t^2 dF_n(t) < \infty.$$

- is the probability of the server idle waiting:

$$p_{0n} = 1 - \Lambda_n v_{1n}, \quad n = \overline{1, \eta}$$

3. Calculating the costs related to the queries idle queueing:

$$F(N, P, \Lambda) = \sum_{n=1}^{\eta} \alpha_n \tau_n + \beta_n p_{0n},$$

where  $\alpha_n$  i  $\beta_n$  are penalties for query queueing and  $n$ th server idle waiting.

4. Solving the optimization task with the target function:

$$F(N, P^*, \Lambda) = \min_P \sum_{n=1}^{\eta} \alpha_n \tau_n(P, \Lambda) + \beta_n p_{0n}(P, \Lambda)$$

under the constraints:

$$\sum_{n=1}^{\eta} p_{in} = 1, i = \overline{1, d};$$

$$\sum_{i=1}^d p_{in} = 1, n = \overline{1, \eta};$$

$$\Lambda_n v_{1n} < 1, n = \overline{1, \eta},$$

$$p_{in} = p_{in}^*, i = \overline{1, d}, n = \overline{1, \eta},$$

where  $p_{in}^*$  is the elements of the Boolean matrix that determine queries for servicing by particular servers.

## Conclusions

The principles of managing the distribution of network traffic in CIS ICN are formulated and the practical requirements for the speed of data transmission are defined. The probabilities of applying the general principles of managing a complex system are determined.

The goals and objectives of traffic management with the account of the specificity of applied CIS tasks operation and the requirements for the characteristics of their operation are considered. Possible approaches to the formulation and solution of the listed tasks in accordance with the developed general approach to the network management are emphasized.

The multi-level information structure was studied. The research enabled setting the rule of storing flows when transmitting data within each level of the structure. This rule allows the nodes to be grouped while synthesizing the structure of the network taking into account the capabilities of the network equipment. The mathematical model of data flows of a multi-level information network structure which has a three-level stratified structure and consists of a number of subnets and groups of nodes is developed. The densities of data flows among the nodes within a group can be calculated on the basis of this model and the data exchange among the subnets can be analyzed in order to determine the loading of communication channels and the network equipment of the CIS ICN.

The method of adaptive management of the distribution of data flows is developed, this method involves stratified two-level management which is based on the development of a multidimensional space of the network state and control parameters taking into account the activities of users. The use of this method enables reducing the time for processing system transactions and the total costs for servicing. The management is carried out at the first level by debugging the basic parameters of the network and on the second level – by the operational control when the basic parameters are constant. Reducing The time of transaction processing is reduced because of the decomposition of the network structure in the course of operational management of traffic distribution.

The method for distributing resources of a multi-server data processing node is developed due to the fact that server systems are considered as a set of one-line queueing systems and information about distributing the

bandwidth of communication channels is used. The application of the method minimizes the costs for servicing data flows while reengineering CIS processes.

## References

1. Biryukov, D. S., Kondratov, S. I. (2012), *Protection of critical infrastructure: problems and prospects of implementation in Ukraine* [Zakhyst krytychnoyi infrastruktury: problemy ta perspektyvy vprovadzhennya v Ukraini]. Kyiv : NISS. 96 p. [http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/Sots\\_zahust-86178.pdf](http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/Sots_zahust-86178.pdf)
2. Council Directive 2008/114/EC "On the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection". Available at : <http://eurlex.europa.eu>.
3. Konakh, V. K. (2014), *National Information Space of Ukraine: Problems of Formation and State Regulation: Analytical Reports* [Natsionalnyy informatsiynyy prostir Ukrainy: problemy formuvannya ta derzhavnoho rehulyuvannya : analit. Dop]. Kyiv : NISS. 76 p.
4. Kosenko, V., Bugas, D. (2015), "Effectiveness analysis of resource usage of multiservice information and telecommunication network". *Technology audit and production reserves*. Vol. 5. No. 2 (25). P. 19–23. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51710.
5. Mangili, M., Martignon, F., Capone, A. (2015), "Optimal design of Information Centric Networks Original". *Computer Networks*. Vol. 91. P. 638–653. DOI: 10.1016/j.comnet.2015.09.003.
6. Sen, G., Krishnamoorthy, M., Rangaraj, N., Narayanan, V. (2015), "Exact approaches for static data segment allocation problem in an information network". *Computers & Operations Research*. Vol. 62. P. 282–295. DOI: 10.1016/j.cor.2014.05.023.
7. Xi, N., Sun, C., Ma, J., Shen, Y. (2015), "Secure service composition with information flow control in service clouds". *Future Generation Computer Systems*. Vol. 49. P. 142–148. DOI: 10.1016/j.future.2014.12.009.
8. Agarwal, S., Kodialam, M., Lakshman, T. V. (2013), "Traffic engineering in software defined networks". *INFOCOM. Proceedings IEEE*. P. 2211–2219.
9. Qureshi, K. N., Abdullah, A. H., Hassan, A. N., Sheet, D. K., Anwar, R. W. (2014), "Mechanism of Multiprotocol Label Switching for Forwarding Packets & Performance in Virtual Private Network". *Middle-East Journal of Scientific Research*. Vol. 20. No. 12. P. 2117–2127.
10. Angrishi, K. (2013), "An end-to-end stochastic network calculus with effective bandwidth and effective capacity". *Computer Networks*. Vol. 57. Issue 1. P. 78–84. DOI: 10.1016/j.comnet.2012.09.003.
11. Hashish, S., Karmouch, A. (2010), "An adaptive rendezvous data dissemination for irregular sensor networks with multiple sinks". *Computer Communications*. 2010. Vol. 33. Issue 2. P. 176–189. DOI: 10.1016/j.comcom.2009.08.013.
12. Olifer, V. G., Olifer, N. A. (2010), *Computer networks. Principles, technologies, protocols*. 4th ed. St. Petersburg : Peter. 943 p.
13. Kosenko, V., Bugas, D. (2015), "Development of mathematical models of parameters data flow information and telecommunications network". *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. No. 5/4 (77). P. 37–44.
14. Kuchuk, H. (2013), "Method of corporate multiservice networkcoherent fragment informative structure synthesis". *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*. No. 2. P. 97–102.
15. Kosenko, V., Bolubash, A. (2007), "Routing data streams in multiservice networks" ["Marshrutyzatsiya potokiv danykh u mul'nytservisnykh merezhakh"]. *Information Processing Systems*. Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University. No. 9 (67). P. 94–97.
16. Kuchuk, H., Kosenko, V., Davikoza, A. (2013), "Method of resources allocation of multiserver knot of nformation treatment is control". *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*. No. 3 (36). P. 111–115.

Received 15.09.2017

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

**Косенко Віктор Васильович** – кандидат технічних наук, доцент, Державне підприємство "Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування", директор, м. Харків, Україна; e-mail: [kosv.v@ukr.ua](mailto:kosv.v@ukr.ua); ORCID: 0000-0002-4905-8508.

**Косенко Виктор Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, Государственное предприятие "Харьковский научно-исследовательский институт технологии машиностроения", директор, г. Харьков, Украина; e-mail: [kosv.v@ukr.ua](mailto:kosv.v@ukr.ua); ORCID: 0000-0002-4905-8508.

**Kosenko Viktor** – PhD (Engineering), Associate Professor, State Enterprise "Kharkiv Scientific-Research Institute of Mechanical Engineering Technology", Director, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [kosv.v@ukr.ua](mailto:kosv.v@ukr.ua); ORCID: 0000-0002-4905-8508.

**Персіянова Олена Юрївна** – Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості", інженер, м. Харків, Україна; e-mail: [persikqw@gmail.com](mailto:persikqw@gmail.com); ORCID: 0000-0003-3578-4653.

**Персиянова Елена Юрьевна** – Государственное предприятие "Южный государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности", инженер, г. Харьков, Украина; e-mail: [persikqw@gmail.com](mailto:persikqw@gmail.com); ORCID: 0000-0003-3578-4653.

**Persyanova Elena** – State Enterprise "Southern National Design & Research Institute of Aerospace Industries", Engineer, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [persikqw@gmail.com](mailto:persikqw@gmail.com); ORCID: 0000-0003-3578-4653.

**Белоцький Олексій Олександрович** – Харківська обласна державна адміністрація, начальник управління паливно-енергетичного комплексу, м. Харків, Україна; e-mail: [alexeytek@gmail.com](mailto:alexeytek@gmail.com); ORCID: 0000-0003-3716-0852.

**Белоцкий Алексей Александрович** – Харьковская областная государственная администрация, начальник управления топливно-энергетического комплекса, г. Харьков, Украина; e-mail: [alexeytek@gmail.com](mailto:alexeytek@gmail.com); ORCID: 0000-0002-4905-8508.

**Belotskyi Oleksiy** – Kharkiv Regional State Administration, Head of the Department of Fuel and Energy Complex, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [alexeytek@gmail.com](mailto:alexeytek@gmail.com); ORCID: 0000-0002-4905-8508.

**Малеєва Ольга Володимирівна** – доктор технічних наук, професор, Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського "ХАІ", професор кафедри інформаційні обчислювальні системи, м. Харків, Україна; e-mail: omaleyeva@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9336-4182

**Малеєва Ольга Владимировна** – доктор технических наук, профессор, Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского "ХАИ", профессор кафедры информационных вычислительные системы, г. Харьков, Украина; e-mail: omaleyeva@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9336-4182

**Malieyeva Olga** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Professor at the Department of Information Computing Systems, Kharkiv, Ukraine; e-mail: omaleyeva@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9336-4182.

## МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ТРАФІКУ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ СИСТЕМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

**Предметом** дослідження в статті є інфокомунікаційні мережі систем критичної інфраструктури. **Мета** роботи – створення методів управління потоками даних та ресурсами ІКМ СКІ для підвищення оперативності обробки інформації. В статті вирішуються наступні **завдання**: формування моделі потоків даних багаторівневої структури ІКМ, розробка методу адаптивного розподілу інформаційних потоків, розробка методу розподілу ресурсів мережі для багатосерверного вузла. Використовуються такі **методи**: методи математичної статистики для випадкових процесів, теорія систем масового обслуговування, методи теорії оптимізації та дослідження операцій. Отримано наступні **результати**: сформульовані принципи управління розподілом мережевого трафіка в ІКМ СКІ та визначено практичні вимоги, що виникають до оперативності передачі даних. Показані можливі підходи до постановки і вирішення перерахованих завдань відповідно до розробленого загального підходу до управління мережею. Досліджена багаторівнева інформаційна структура. Розроблено математичну модель потоків даних багаторівневої інформаційної структури мережі, яка має тривірневу стратифіковану структуру і складається з ряду підмереж та груп вузлів. Розроблено метод адаптивного управління розподілом інформаційних потоків даних, який передбачає стратифіковане дворівневе управління, котре базується на формуванні багатовимірного простору станів мережі та параметрів управління з врахуванням активності користувачів. Управління здійснюється на першому рівні шляхом налагодження базових параметрів мережі, на другому – оперативним управлінням при постійних базових параметрах. Розроблено метод розподілу ресурсів багатосерверного вузла обробки інформації, шляхом того, що системи серверів розглядаються як сукупність однолінійних систем масового обслуговування та використовується інформація щодо розподілу смуги пропускання каналів зв'язку. **Висновки**: Застосування методу адаптивного управління розподілом трафіку дозволяє зменшити час обробки системних транзакцій та сумарну вартість витрат на обслуговування. Застосування методу розподілу ресурсів багатосерверного вузла під час реінжинірингу процесів СКІ мінімізує витрати на обслуговування інформаційних потоків.

**Ключові слова**: інфокомунікаційна мережа, системи критичної інфраструктури, розподіл трафіку, багатосерверний вузол, потоки даних.

## МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТРАФИКА В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ СИСТЕМ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

**Предметом** исследования в статье является инфокоммуникационные сети систем критической инфраструктуры. **Цель** работы - создание методов управления потоками данных и ресурсами ИКМ СКИ для повышения оперативности обработки информации. В статье решаются следующие **задачи**: формирование модели потоков данных многоуровневой структуры ИКМ, разработка метода адаптивного распределения информационных потоков, разработка метода распределения ресурсов сети для многосерверных узла. Используются следующие **методы**: методы математической статистики для случайных процессов, теория систем массового обслуживания, методы теории оптимизации и исследования операций. Получены следующие **результаты**: сформулированы принципы управления распределением сетевого трафика в ИКМ СКИ и определены практические требования, возникающие в оперативности передачи данных. Показаны возможные подходы к постановке и решению перечисленных задач в соответствии с разработанным общим подходом к управлению сетью. Исследована многоуровневая информационная структура. Разработана математическая модель потоков данных многоуровневой информационной структуры сети, имеет трехуровневую нестратифицированную структуру и состоит из ряда подсетей и групп узлов. Разработан метод адаптивного управления распределением информационных потоков данных, предусматривающий стратифицированное двухуровневое управление, которое базируется на формировании многомерного пространства состояний сети и параметров управления с учетом активности пользователей. Управление осуществляется на первом уровне путем налаживания базовых параметров сети, на втором - оперативным управлением при постоянных базовых параметрах. Разработан метод распределения ресурсов многосерверного узла обработки информации, путем того, что системы серверов рассматриваются как совокупность однолинейных систем массового обслуживания и используется информация о распределении полосы пропускания каналов связи. **Выводы**: применение метода адаптивного управления распределением трафика позволяет уменьшить время обработки системных транзакций и суммарную стоимость затрат на обслуживание. Применение метода распределения ресурсов серверного узла в ходе реинжиниринга процессов СКИ минимизирует затраты на обслуживание информационных потоков.

**Ключевые слова**: инфокоммуникационная сеть, системы критической инфраструктуры, распределение трафика, многосерверных узел, потоки данных.

N. KOSENKO, A. KOLOMIETS

## BUILDING AND DEVELOPING A PROJECT TEAM ON THE BASIS OF A MULTICRITERIA MODEL

The **subject matter** of the article is mathematical models for solving particular problems of selecting candidates for building a project team. The **goal** is to develop formalized models and methods for assessing the level of the generalized social and professional competence of each employee engaged at a specific type of work of an investment project while building and developing a project team. The **objectives** are: to formalize decision-making methods; to select the best option on the basis of multicriteria assessment and optimization methods; to analyze the peculiarities of multicriteria assessment tasks in the problems of human resource management; to apply mathematical models of decision making when selecting the most suitable candidates for the project on the basis of the general utility theory. The **methods** used are: multicriteria assessment and optimization methods, utility function. The following **results** are obtained. The general task of managing human resources and building a team for a new project was analyzed. The main criterion for involving candidates in the project team appeared to be the qualifications and experience of performing similar work accepted by the organization, but the impact of individual factors of a candidate should be also taken into account. Some methods for solving the task of multicriteria selection with the use of non-formalized experience applied to the tasks of managing the project labour resources are suggested. The suggested method of building a project team is based on the models of multicriteria optimization which, unlike available methods, enable taking into account not only professional competences of employees but also personal and psychological characteristics of candidates in various combinations, which contributes to qualitative performing project tasks depending on specific requirements of the project. **Conclusions.** The task of selecting the most suitable candidates for the project on the basis of the general utility theory is considered. The competence approach to managing human resources is justified. The suggested model enables formalizing the preferences of decision-makers and obtaining objective numerical assessments of the competence of candidates. Thus, the task of building a project team is multicriteria and can be solved on the basis of multicriteria assessment and optimization methods. The questions of practical application of the proposed mathematical models and methods are considered. It is suggested to select candidates for a project team on the basis of their experience in solving similar tasks in previous projects.

**Keywords:** building a project team, project team, utility theory, multicriteria model, competence approach.

### Introduction

Today almost every company constantly needs to build a high-quality professional and competent structure. Even if the company's activity is the efficient and stable process, it is necessary to pay attention to the tasks of the scientific normative justification of the methods of making personnel decisions.

Building a project team is one of the top priorities in the management of a modern project. At the stage of building a work collective project managers have to solve a number of specific tasks related to planning, implementing, control, responsibility, communication, the motivation of work, conflicts, power, leadership and so on.

Building and developing an efficient production team interacting as an integrated project team is a complex task that arises at three main levels: at the level of team management, at the level of social and psychological compatibility of the project team members and the manager, at the level of the performance of the specially built team that works as the team of like-minded colleagues.

### Analysis of recent research and publications

According to the project management methodology (PMM) [1], the term "project management team" is defined as part of a project team that is responsible for project management such as initiating, planning, executing, monitoring, and completing various project phases.

Personnel selection is the process of selecting suitable candidates for involving in the project team according to the list of specialities, positions and trades that are planned according to the enterprise development plans and their predictable implementation in time.

The issues of building a work collective have been widely considered both in study materials and reference books. The variety of terms caused the necessity to structure the basic concepts associated with the process of hiring employees for an organization. The main terms and definitions of the analyzed sources are presented in table 1.

Defining the theoretical and practical value of available research, it can be noted that a certain range of issues on the target problem needs further development. This concerns the solution of the tasks of human resources management, including the assessment of applicants for vacancies.

### The main results of the research

The concept of "team" is one of the key ones in project management as well as the terms "project team", "human resources management of the project" which include the processes of planning, team building, developing, transforming or disbanding [5].

The practice of personnel recruitment and disposition, professional advancement and development should be based on the objective, scientifically based appraisal of employees. The task of the employee's appraisal is to identify their labour potential, the degree of using this potential, to check if employees fit the positions they hold and whether they are prepared to hold another specific position [6].

**Table 1.** Terminology associated with human resources management

Source	Term	Definition
Project management dictionary (encyclopedia) [2]	Personnel selection	In the staff management, this term most often refers to the part of the hiring process associated with selecting one or more candidates to a vacant position among the total number of people applying for it. Generally, personnel selection should be regarded as a process of selecting a person from the total number of employees who meet the parameters according to the established criteria
	Talent acquisition	The set of organizational measures including all stages of staff involvement, as well as the selection of personnel and employment. Some specialists in the field of personnel management bring this process up to the end of the instatement stage, that is, they ensure that new employees are organically integrated into the specific work collective and in the organization as a whole
	Personnel recruitment	Recruiting a great number of people to any organization
Project Management Body of Knowledge PMBOK[1]	Project team recruitment	The process of confirming the availability of human resources and engaging the team necessary to carry out the operations of the project
A.Ya. Kibanov, I.B. Durakova [3]	Personnel recruitment	Engaging a great number of people to any organization
	Employment	A number of actions aimed at engaging candidates who have necessary qualities for achieving the goals set by the organization. This is a set of organizational activities, which includes all stages of employment, as well as assessing, selecting and recruiting personnel.
	Personnel selection	The process associated with selecting one or more candidates for a vacant position among the total number of people applying for it. This is the process of selecting a person from the total number of employees who meet established criteria using certain evaluation methods
N.A. Salomatin [4]	Employment	A number of actions aimed at engaging candidates who have necessary qualities for achieving the goals set by the organization
S.K. Mordovin [4]	Talent acquisition	The process of creating the database of employees of the required qualification to meet the organization personnel requirements
I.A. Nikitina [4]	Personnel recruitment	The system of measures taken by an organization to engage employees with necessary abilities, knowledge, skills and motivation the organization needs to achieve its goals and objectives
	Personnel selection	The process of selecting one (or more) candidate from a number of applicants who is the most advantageous according to the qualification criteria

Any organization is a functional organization [7]. According to the classical definition, an abstract structure is defined as an ordered set

$$S = MxR,$$

where  $M$  is a set of elements included in the system;

$R$  is relations that are implemented at the elements of the sign  $x$  that is the Cartesian product that establishes the ordering relation.

Depending on the level of consideration, an element can be understood as an individual worker or as a team, a functional unit, organizational elements, and so on. The relations under consideration can be creative, organizational, informational, interpersonal, and so on.

When building production teams, the need arises to select specialists for performing certain types of work from the available list of candidates for a project according to their personal and psychological characteristics and features of the future work activity. Considering this circumstance, it is reasonable to assess candidates' personal and psychological characteristics separately followed by selecting them for work in the field that is the most suitable for them.

A number of works [8, 9, 10, 11] deal with the issues of formalizing decision-making methods on the basis of similarities in solving the tasks of management of

providing the staff to the processes of developing the enterprise and building the team of investment projects executors.

The method of selecting and assessing the personnel for the projects that are planned is based on the procedure for selecting candidates for a new project team from a number of people who performed similar works in successful projects of previous years [12]. The staff selected in this way is the basis for further differentiated assessment of each candidate to understand if they correspond to the content and features of a future work and have appropriate psychological (individual) personal characteristics.

The labour resources necessary to perform the planned work are determined according to the competence profile of employees. The quantity, qualifications and required level of training depend on the industry, the technology used, and the size of an enterprise. The competence approach while selecting personnel and assessing their professional qualities is based on the corresponding set of value criteria that enable the multi-criteria assessment of the professional level of candidates according to the selected list of criteria depending on the specificity of the project.

The method for assessing candidates for a project according to the professional, personal and psychological

set of relevant characteristics is built on the basis of the competence approach data, and a holistic (generalized) index of social professional competence is determined.

The membership of candidates for a project to be evaluated is formed at the pre-selection stage in terms of the proximity of the professional activity and the nature of the planned types of work. The selection and assessment of candidates are based on the general utility theory.

When determining the general social and professional competence [13] of an individual candidate, each block is considered separately by relevant experts who determine the list of characteristics and the methods of their usage for each competence block.

The structure of each competence  $\langle K_1, K_2, K_3, K_4 \rangle$  is determined by a set of  $n_i$  of particular competences that have inherent value  $W_i$ :

$$0 \leq W_{it} \leq 1, \quad i = \overline{1, n}; \quad \sum_{i=1}^n W_{it} = 1,$$

where  $i$  is the index of an employee,  $t$  is the index of a competence.

The competence characteristics in each block are the levels of each candidate's competences  $b_i$  that are determined by corresponding specialists while testing

$$0 \leq b_{it} \leq 1, \quad i = \overline{1, n}.$$

The overall competence of a specialist according to a particular block will be determined by the following equation:

$$f_i \bar{b} = \sum_{i=1}^n W_{it} b_{it}.$$

The candidate's competence is determined on the basis of the assessment of the utility function for each candidate and subsequent ranking a series of preferences [12].

The numerical values of assessing each candidate are determined by the value of the utility function, they are calculated according to the score of each characteristic from the set determined by experts.

$$S^P K_i = \sum_{j=1}^m b_j Y_{Hj}^P, \quad \text{where } j = \overline{1, m},$$

where  $m$  is a number of test characteristics;

$Y_{Hj}^P$  is the  $j$ -th standardized characteristic that is equal to

$$y_{Hj}^P = \frac{y_j^P - y_{jW}^P}{y_{jB}^P - y_{jW}^P},$$

$$0 \leq Y_{Hj}^P \leq 1, \quad \sum_{j=1}^m b_j = 1.$$

The ordered series is  $S_1^P k \succ S_2^P k \succ \dots$

With regard to the procedure for assessing candidates for a project team, this can be interpreted as an individual assessment of each candidate according to professional, personal and psychological characteristics.

The generalized assessment of candidates according to professional, personal and psychological characteristics is determined by the value of the utility function [12]:

$$F k_i = C_1 P k_i + C_2 S^P k_i + C_3 S^{Ps} k_i, \quad (1)$$

where  $C_1, C_2, C_3$  are the coefficients of the significance of professional  $P k_i$ , personal  $S^P k_i$ , and psychological  $S^{Ps} k_i$  characteristics of candidates. The values of the coefficients of significance  $C_1, C_2, C_3$  are formed by experts and decision makers  $0 \leq C_1 \leq 1$ ,  $0 \leq C_2 \leq 1$ ,  $0 \leq C_3 \leq 1$ ;  $C_1 + C_2 + C_3 = 1$ .

After selecting candidates on the basis of proximity (3) and searching for similar works (2), the ranking list of candidates for a project according to the professional feature will be formed.

$$d_{pq}^{(w)} = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j^2 x_{pj} - x_{qi}}^2 \quad (2)$$

$$SM_{pq}^w = \frac{1}{1 + d_{pq}^w}. \quad (3)$$

Thus, the scope of people who will be involved in the project team is determined after assessing their personal and psychological characteristics.

Candidates were selected and assessed on the basis of the general utility theory [12, 14]. Heterogeneous partial criteria are normalized according to the following formula:

$$k^H x = \left( \frac{k_i x - k_i^W X}{k_i^B X - k_i^W X} \right)^\alpha. \quad (4)$$

The calculation of the generalized assessment of candidates according to the developed models and methods of building a project team, taking into account professional and personal psychological characteristics is presented in table 2.

The "worst" and "best" value of the  $i$ th partial criterion should meet the following requirements:

$$K_i^B = \max_{x \in X} K_i x, \quad \text{if } K_i x \rightarrow \max;$$

$$K_i^B = \min K_i x, \quad \text{if } K_i x \rightarrow \min.$$

$$K_i^W = \min_{x \in X} K_i x, \quad \text{if } K_i x \rightarrow \max;$$

$$K_i^W = \max K_i x, \quad \text{if } K_i x \rightarrow \min.$$

**Table 2.** Calculation of the generalized assessment of candidates

The list of experts	Criteria for assessment								
	Professional*			Personal*			Psychological*		
	Higher education (mechanical engineering or aviation)	Work experience in similar position at least 3-years	Software advanced user AutoCAD, Oracle, MathCAD, Teamcenter, Unigraphics NX 3,4.	Efficiency in insist on getting own way	Sociability	Leadership qualities	Quick acquisition of large amount of information	Quick adaptivity to a new environment	Psychological type is the extravert
Expert 1	2	1	2	1	1	2	0	1	0
Expert 2	1	1	1	2	2	1	1	0	0
Expert 3	2	2	1	0	1	1	1	1	0
Expert 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Expert 5	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Total	7	6	6	5	6	6	4	4	1
Specified weight	0,16	0,13	0,13	0,11	0,13	0,13	0,09	0,09	0,02
Possible deviation	0,15-0,17	0,12-0,14	0,12-0,14	0,10-0,12	0,12-0,14	0,12-0,14	0,08-0,10	0,08-0,10	0,01-0,03

\*–  $P k_i$  are professional,  $S^P k_i$  are personal,  $S^{Ps} k_i$  are psychological characteristics of candidates.

The decision support system for human resource management offers the three most suitable candidates who scored the most points. Each factor listed in Table 3

corresponds to a 5-point scoring scale (weak level, needs improvement, sufficient level, good level, excellent level).

The integral assessment is calculated according to the formula (1).

**Table 3.** Multicriteria assessment of candidates according to the generalized criterion

The list of applicants	Criteria for assessment									Integral assessment
	Professional			Personal			Psychological			
	Higher education (mechanical engineering or aviation)	Work experience in similar position at least 3-years	Software advanced user AutoCAD, Oracle, MathCAD, Teamcenter, Unigraphics NX 3,4.	Efficiency in insist on getting own way	Sociability	Leadership qualities	Quick acquisition of large amount of information	Quick adaptivity to a new environment	Psychological type is the extravert	
Applicant 1	4	5	3	4	4	4	2	4	5	3,8
Applicant 2	5	3	4	3	5	4	1	3	4	3,6
Applicant 3	3	4	4	1	3	4	4	3	4	3,2

The architecture of the decision support system for human resources management enables increasing the reliability of the decisions made by increasing and detailing the initial information [13].

In addition, automation of the solved procedures enables increasing the efficiency of managing the procedure of making decisions in the tasks of multifactor assessment and optimization.

### Conclusion

The problem of selecting the most suitable candidates for a project on the basis of the general utility

theory is considered. The applicability of the competence approach in managing human resources is justified. The suggested model enables formalizing the decision-makers' preferences and obtaining objective numerical assessments of the competence of candidates. Thus, the task of building a project team is multicriteria and can be solved on the basis of the multicriteria assessment and optimization methods. The questions of practical application of the suggested mathematical models and methods are considered. The preliminary set of candidates for a project team is suggested to be developed on the basis of the experience in solving similar problems in previous projects.

### References

1. *A guide to the PMBOK project management knowledge* [Rukovodstvo k svodu znaniy po upravleniyu proyektami PMBOK]. PMI. 5th edition. 2013. 58 p.
2. Dictionary of terms of personnel management, training and staff developmen. Available at: <http://www.trainings.ru/library/dictionary/>
3. Petrov, K. E., Kryuchkovskiy, V. V. (2009), *Comparative structural-parametric identification of models of scalar multivariate estimation: monograph* [Komparatornaya strukturno-parametricheskaya identifikatsiya modeley skalyarnogo mnogofaktornogo otsenivaniya: monografiya]. Kherson: Oldi-plyus. 29 p.
4. Valiullina, N. R. (2010), *Recruitment: a scientific and practical guide* [Naym personala: nauchno-prakticheskoye posobiye]. Moscow: Liberia - Bibinform. 128 p.
5. Mikheev, V. Modern team of the project manager. Director of IP. [www.logolex.com.ua](http://www.logolex.com.ua)
6. Kibanov, A. Ya. (2005), *Personnel management of the organization* [Upravleniye personalom organizatsii]. 3rd edition, ext. and pererab. Moscow: INFRA-M. 638 p.
7. Ovezgel'dyyev, A. O., Petrov, E. G., Petrov, K. E. (2002), *Synthesis and identification of models of multifactor estimation and optimization* [Sintez i identifikatsiya modeley mnogofaktornogo otsenivaniya i optimizatsii]. Kyiv: Naukova dumka. 161 p.
8. Доценко, Н. В., Косенко, Н. В. (2012), Проектирование системы поддержки принятия решений при управлении трудовыми ресурсами проекта на основе прецедентного подхода [Текст]. *Системи управління, навігації та зв'язку: Зб. наук. праць Центрального науково – дослідного інституту навігації і управління*. № 2 (22). Київ. С. 125-130.
9. Dotsenko, N. V., Kosenko, N. V. (2012), "Formalization of the assessment of the level of professional competence in the decision-making process in the formation of the project team" [Formalizatsiya otsenki urovnya professional'noy kompetentnosti v protsesse prinyatiya resheniy pri formirovani komandy proyektu]. *Information Processing Systems*. Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University. No. 4 (33). P. 235-240.
10. Sabadosh, L. Yu., Kosenko, N. V., Gakhova, M. A. (2012), "Decision Support System for Forming the Project Team" [Sistema podderzhki prinyatiya resheniy po formirovaniyu proyektnoy komandy]. *Scientific bulletins of the Belgorod State University*. No. 19 (138). Issue 24/1. P. 185-189.
11. Strel'chuk, Ye. A., Lysenko, D. E., Shostak, I. V., Kirilenko, Ye. G. (2010), "The precedent approach in the formation of a competence reserve" [Pretsedentnyy podkhod v formirovani kompetentnostnoy rezerva]. *Radiotechnical and computer systems*. No. 2 (43). P. 139-143.
12. Kosenko, N. V., Artyukh, R. V. (2016), "Automation of methods for evaluation, selection and formation of a project team based on a plurality of characteristics" [Avtomatyzatsiya metodiv otsinky, vidboru ta formuvannya komandy proektu na pidstavi mnozhyhny kharakterystyk]. *Control, Navigation and Communication Systems*. Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. No. 2 (38). P. 104-107.
13. Kosenko, N. V. (2016), "Formation of a project team taking into account heterogeneous competencies" [Formuvannya komandy proektu z urakhuvannyam riznoridnykh kompetentsiy]. *International scientific and practical conference "Mathematical modeling of processes in economics and project and program management (MMP-2016)"*. Koblevo, September 13-16, 2016. Proceedings. Kharkiv: KNURE. P. 87.
14. Kosenko, N., Kadykova, I., Artiukh, R. (2017), Formalizing the problem of a project team bulding based on the utility theory. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. Kharkiv. No. 1 (1). P. 53-57.

Received 14.09.2017

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Косенко Наталя Вікторівна** – кандидат технічних наук, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, доцент кафедри управління проектами у міському господарстві і будівництві, м. Харків, Україна; e-mail: [kosnatalja@gmail.com](mailto:kosnatalja@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5942-3150.

**Косенко Наталья Викторовна** – кандидат технических наук, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, доцент кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, г. Харьков, Украина; e-mail: [kosnatalja@gmail.com](mailto:kosnatalja@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5942-3150.

**Kosenko Nataliia** – PhD (Engineering Sciences), O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Associate Professor at the Department of Project Management in Urban Economy and Construction, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [kosnatalja@gmail.com](mailto:kosnatalja@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5942-3150.

**Коломієць Альона Ігорівна** – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, асистент кафедри управління проектами у міському господарстві і будівництві, м. Харків, Україна; e-mail: [akolomiec85@gmail.com](mailto:akolomiec85@gmail.com); ORCID: 0000-0003-2120-7644.

**Коломиєц Алена Игоревна** – Харьковський національний університет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, ассистент кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, г. Харьков, Украина; e-mail: akolomic85@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2120-7644.

**Kolomiets Alona** – O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Teaching assistant at the Department of Project Management in Urban Economy and Construction, Kharkiv, Ukraine; e-mail: akolomic85@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2120-7644.

## ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТОК ПРОЕКТНОЇ КОМАНДИ НА ОСНОВІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ

**Предметом** вивчення в статті є математичні моделі для вирішення приватних завдань підбору кандидатів при формуванні команди проекту. **Мета** – розробка формалізованих моделей і методів оцінки рівня узагальненої соціально-професійної компетентності кожного виконавця в конкретному виді робіт інвестиційного проекту при формуванні і розвитку проектної команди. **Завдання:** формалізація методів прийняття рішень; вибір найкращого варіанту, на основі методів багатокритеріального оцінювання і оптимізації; аналіз особливостей завдань багатокритеріального оцінювання в задачах управління людськими ресурсами; застосування математичних моделей прийняття рішень при виборі найбільш підходящих кандидатів в проект на основі загальної теорії корисності. Використовуваними **методами** є методи багатокритеріального оцінювання і оптимізації, функція корисності. Отримані наступні **результати**. Проведено аналіз спільної справи управління трудовими ресурсами і формування команди нового проекту. Встановлено, що основним критерієм для включення кандидатів у проектну команду є прийнята в організації кваліфікація і досвід виконання подібних робіт, але також необхідно враховувати наявність і вплив індивідуальних факторів кандидата. Запропоновано методи розв'язання задачі багатокритеріального вибору з використанням неформалізованого досвіду в додатку до завдань управління трудовими ресурсами проекту. Запропонований метод формування команди проекту базується на основі моделей багатокритеріальної оптимізації, який на відміну від існуючих методів дозволяє враховувати не тільки професійні компетенції співробітників, але і особистісно-психологічні характеристики кандидатів в різних комбінаціях їх поєднань, що сприяє якісному виконанню командою проектних завдань в залежності від специфіки вимог проекту. **Висновки.** В роботі розглянуто задачу вибору прийняття рішень найбільш підходящих кандидатів в проект на основі загальної теорії корисності. Обґрунтовано доцільність застосування компетентнісного підходу в управлінні трудовими ресурсами. Запропонована модель дозволить формалізувати переваги ОПП, і отримати об'єктивні чисельні оцінки рівня компетентності кандидатів. Таким чином, завдання формування команди проекту є багатокритеріальною і може вирішуватися на основі методів багатокритеріального оцінювання і оптимізації. Розглянуто питання практичного застосування запропонованих математичних моделей і методів. Формування попереднього безлічі кандидатів в команду проекту пропонується здійснювати на основі досвіду вирішення подібних завдань в попередніх проектах.

**Ключові слова:** формування команди проекту, проектна команда, теорія корисності, багатокритеріальна модель, компетентнісний підхід.

## ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРОЕКТНОЙ КОМАНДЫ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

**Предметом** изучения в статье являются математические модели для решения частных задач подбора кандидатов при формировании команды проекта. **Цель** – разработка формализованных моделей и методов оценки уровня обобщенной социально-профессиональной компетентности каждого исполнителя в конкретном виде работ инвестиционного проекта при формировании и развитии проектной команды. **Задачи:** формализация методов принятия решений; выбор наилучшего варианта, на основе методов многокритериального оценивания и оптимизации; анализ особенностей задач многокритериального оценивания в задачах управления человеческими ресурсами; применение математических моделей принятия решений при выборе наиболее подходящих кандидатов в проект на основе общей теории полезности. Используемыми **методами** являются методы многокритериального оценивания и оптимизации, функция полезности. Получены следующие **результаты**. Проведен анализ общей задачи управления трудовыми ресурсами и формирования команды нового проекта. Установлено, что основным критерием для включения кандидатов в проектную команду является принятая в организации квалификация и опыт выполнения подобных работ, но также необходимо учитывать наличие и влияние индивидуальных факторов кандидата. Предложено методы решения задачи многокритериального выбора с использованием неформализованного опыта в приложении к задачам управления трудовыми ресурсами проекта. Предложенный метод формирования команды проекта базируется на основе моделей многокритериальной оптимизации, который в отличие от существующих методов позволяет учитывать не только профессиональные компетенции сотрудников, но и личностно-психологические характеристики кандидатов в различных комбинациях их сочетаний, что способствует качественному выполнению командой проектных задач в зависимости от специфики требований проекта. **Выводы.** В работе рассмотрена задача выбора принятия решений наиболее подходящих кандидатов в проект на основе общей теории полезности. Обоснована целесообразность применения компетентностного подхода в управлении трудовыми ресурсами. Предложенная модель позволит формализовать предпочтения ЛПП, и получить объективные численные оценки уровня компетентности кандидатов. Таким образом, задача формирования команды проекта является многокритериальной и может решаться на основе методов многокритериального оценивания и оптимизации. Рассмотрены вопросы практического применения предложенных математических моделей и методов. Формирование предварительного множества кандидатов в команду проекта предлагается осуществлять на основе опыта решения подобных задач в предыдущих проектах.

**Ключевые слова:** формирование команды проекта, проектная команда, теория полезности, многокритериальная модель, компетентностный подход.

N. KUCHUK, R. ARTIUKH, A. NECHAUSOV

## METHOD OF BUILDING THE SEMANTIC NETWORK OF DISTRIBUTED SEARCH IN E-LEARNING

The **subject** matter of the article is semantic networks of distributed search in e-learning. The **goal** is to synthesize a decision tree and a stratified semantic network that allows network intelligent agents in the e-learning to construct inference mechanisms according to the required attributes and specified relationships. The following **results** are obtained. The model of the base decision tree in e-learning is suggested. To simulate the decision tree in e-learning, the logic of predicates of the first order was used, which enabled making calculations both at the nodes of the tree and at its edges, and making decisions based on the results of calculations; applying partitioning operations to select individual fragments; specifying the solutions with further expanding the inference upper vertices; expanding the multi-level model vertically and horizontally. At the first stage of the model formalization, the graph of the base decision tree was constructed, whose nodes represent a substructure capable of performing an autonomous search subtask. The second stage is filling the base tree with semantic information and organizing its interaction with network intelligent agents. To provide the tree branches of decisions in e-learning with information, the process of stratified expansion of the base decision tree was suggested where the components of the decision node were detailed and the links among the received sub-units were established both on the horizontal and on the vertical levels. It is shown that in order to establish a set of goals and search problems on the studied structure, it suffices to determine: the graphs of goals and search problems for each node type; a set of edges that determine the dependence of the execution of search targets for the nodes that are not of the same type; a set of pointers that establish probable relationships for redistributing resources in accordance with the requirements of intelligent agents; communication mapping. The developed mathematical model of the base decision tree enabled a stratified expansion. Determining intensions and extensions allowed stratified semantic networks to be used for searching. **Conclusions.** The method of synthesizing a decision tree and a stratified semantic network is suggested; this method enables considering them as closely interrelated ones in the context of distributed search in e-learning. As a result, the process of searching and designing inference mechanisms can be formalized by the network intelligent agents according to the required attributes and given relationships.

**Keywords:** stratified semantic network, intension, extension, decision tree, e-learning, intelligent agent.

### Introduction

**Problem setting.** The globalization of the information support of society and the active process of scientific and technological development in the field of information communications contribute to developing a single global information and communication space. One of the basic trends of developing present information and communication networks (ICN) is increasing the availability of information and computational resources of networks for individual abonents. In this context, individual abonents of information and telecommunication networks are becoming increasingly active consumers of their computing resources and participants in the creation of information materials who directly possess the technique of access to ICN information resources. On the other hand, the increased activity of individual abonents of information and communication networks is caused by the distribution of modern ICN information and computing resources. Therefore, the role of communications both at the level of applied tasks and at the level of technical systems increases dramatically in distributed systems.

The rapid development of technical means of information and communication networks and increased activity of access to information and computer resources of individual abonents increased the interest in the problem of efficient access to information resources of the network [1]. The problem of a goal-oriented information retrieval (IR) is of primary importance. IR is complex activity aimed at collecting, organizing, searching, retrieving and spreading information with the help of computer technologies [2]. IR belongs to a class of ill-formalized problems where analytic dependencies or chains of actions that lead to the desired result are not known. The purpose of IR is to meet the information

needs of the WEB application in a form that is available for machine processing, for example, in the form of a query written in a natural language (NL). A query can be interpreted in various ways in e-learning space. It can be incomplete or redundant, contain polysemantic words, strongly depend on the context, poorly reflect the information needs, and so on. At the same time, the information demand at every moment of time remains constant, that is it does not admit ambiguous or mutually exclusive interpretations. Although the query rarely matches to information needs, this is the only way of interaction between the user of e-learning and the search engine where the query is used as input data so that the documents relevant to the query can be found. However, the user evaluates the search result in accordance with their information needs but not according to the query entered. In the course of the assessment, they decide if the search result is relevant to their information needs. The relevance calculated by the search engine based on its internal logic cannot correspond to the true relevancy. For example, the documents selected by the search engine can accurately correspond to the topic of the query, but at the same time, it can be completely useless for a specific activity within which the need arose.

In present search engines, the important step of indexing documents precedes the search phase. It consists in the creation of index tables which greatly speeds up the processing of queries. The peculiarity of IR indexing lies in the fact that the index necessary for a full-text search in electronic collections should be the most complete and contain all terms that appear in documents (an inverted file which includes morphological tokens is created). The following characteristics are calculated for each token on a set of documents: a number of documents a specific token appears in; the token rate. Besides, the information

for a “token-document” pair is stored in the inverted dictionary, this information includes:

- the token rate in the document;
- the token displacement for the beginning of the document.

The inverted file or similar data structure is sufficient for many approaches to the organization of full-text search. But when the documents that are relevant to this request are retrieved, the way of processing a query and calculating the relevance value for each query-document pair should be determined. However, there are a number of obvious drawbacks that make the search for relevant texts difficult, for example:

- redundancy: synonyms or notions that define the same things or ideas are used in the index;
- the words of the text are considered as independent from one another, which does not correspond to the features of a discourse;
- polysemy of words: since polysemantic words can be regarded as the disjunction of two or more concepts expressing different meanings of a polysemantic word, all elements of this disjunction can hardly attract the user's interest.

The so-called concept indexing does not have such drawbacks because the text is indexed according to notions that are discussed in this text but not to words. In the context of this technology, all synonyms are reduced to the same concept; polysemantic words are assigned to different concepts; the relationships between the concepts and corresponding words are described and can be used while analyzing the text.

### Literary sources analysis

In order to try to implement the pattern of automatic conceptual indexing and conceptual search, it is necessary to have a resource describing the system of concepts of this domain area. The semantic network (SN) contains such resource. The SN essence lies in automating “intellectual” tasks of processing the meaning (in terms of semantics) of a particular resource that is available in the network [3]. Intelligent agents (IA) that are placed in the network should process and exchange information. A number of standards and recommendations have been developed and many projects have been implemented so far. But, despite some successes, the idea of SN has not been materialized in action yet [4].

To describe semantics in the network, the Resource Description Framework (RDF) [5] was determined. RDF is a simple but powerful resource-specification language that is triple-based on “Subject-Predicate-Object” and URI specifications. Conceptually, RDF provides the minimum level for presenting knowledge in the net and is based on early Web standards. The languages for describing structured dictionaries for RDF – RDF Schema (RDFS) and GRDDL (Gleaning Resource Descriptions from Dialects of Languages) [6]. Their purpose is to provide means for retrieving RDF-triplets from XML and XHTML data. In the area of creating class libraries and reasoning on RDF-rgraphs, Jena Framework is developed. In the area of creating expansion modules for browsers, Simile for Firefox is developed [7]. The language OWL

(Web Ontology Language) was given the status of recommendation [8]. It has three dialects (3 sets of organization units) that are used depending on the required expressive power. OWL is actually an add-in on RDF. Many formalisms of knowledge description can be reflected in the OWL formalism. The work on the format of rules exchange – Rule Interchange Format (RIF) started. Its purpose is to combine several formalisms for describing rules in one standard (a nontrivial logical conclusion can be made according to these formalisms). These formalisms are the logic of Horn clauses, the logic of high order, production models, and so on [9]

However, in all of the above-mentioned standards and approaches to the SN construction, there is no clear formalization for identifying functional and logical dependencies at the stage of making the intermediate sequences of conclusion in accordance with the required attributes and set relations that are developed during the process of expanded processing in the conceptual search [10]. This problem is especially acute in e-learning when organizing the distributed search. One possible approach to implementing such formalism in the distributed search involves the combination of a device for constructing decision trees and semantic networks expanded by a stratified structure (stratified semantic networks).

**The goal of the article** is the synthesis of the decisions tree and stratified semantic network for constructing inference mechanisms according to the required attributes and set relationship by the intelligent agents in e-learning.

### Modelling the basic decision tree in E-learning

Decision trees enable determining logical laws among information segments and represent a convenient device that can become a basis for constructing a stratified semantic network (SSN) that allow inference obtained while using decision trees to be stored and processed.

Let the logic of the first-order predicates be used for modelling a decision tree in e-learning, this logic enables [11]:

- making calculations both at the tree nodes and at its edges and making decisions on the basis of these calculations;
- applying portioning operations to select individual fragments;
- specifying the solutions with further expanding the inference upper vertices;
- expanding the multi-level model vertically and horizontally.

As the graph of the modelled decision tree, the tree GX will be considered, its root being

$$GX = \bar{X}, R, \quad (1)$$

where  $\bar{X} = X^0, \bar{X}^1, \dots, \bar{X}^{m-1}$  is the tuple comprising many nodes of various ranks;  $X^0$  is the tree root;  $\bar{X}^i = (X_{1_i}^i, X_{2_i}^i, \dots, X_{l_i}^i)$ ,  $0 \leq i \leq m-1$  is a set of nodes of the  $i$ th rank;  $R = r_{j_i}^i$ ;  $0 \leq i \leq m-2$ ;  $1 \leq j \leq l_i$ ;

$1 \leq v \leq l_i + 1$  is a set of graph arcs that are directed links among the nodes;  $i$  indicates the rank of  $j$  vertex from which the connection gets out of;  $v$  is the number of the vertex of the  $(i + 1)$ th rank which includes the connection.

At the first stage of formalization, the graph of the basic decision tree  $G_X^{(B)}$  is built; its nodes represent the SSN substructure that is capable of performing the autonomous search subtask (partial decision of partial inference). To do this, the area of inference  $D = \{d_k | k = \overline{1, m}\}$  is determined, where  $d_k$  is the  $k$ -th variable of the inference with  $D_k$  domain and the area of decisions  $X = \{x_\zeta | \zeta = \overline{1, n}\}$ , where  $x_\zeta$  is the  $\zeta$ -th variable of the decision with  $X_\zeta$  domain.

While constructing the decision tree, the variables of two types – “decision” (fig. 1, a) and “inference” (fig. 1, b) are considered.

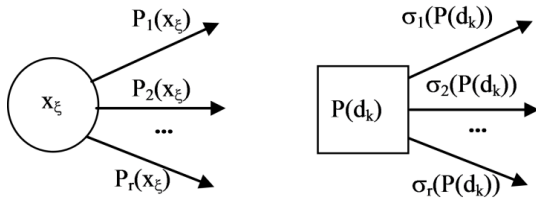


Fig. 1. Nodes “decision” (a) and “inference” (b)

Fig. 1, a shows  $P_\zeta x_\zeta$ ,  $\zeta = \overline{1, r}$ , that is the  $j$ -th relationship determined on the domain of the variable  $x_\zeta$ . And getting to this vertex along the tree means completing the chain

$$P_\zeta x_\zeta \in P_\zeta^* = \{P_1(x_\zeta), \dots, P_r(x_\zeta)\}. \quad (2)$$

Fig. 1, b shows  $P d_k$ , that is the relationship determined on the domain of the variable  $d_k$ , and  $\sigma_\ell P d_k$ ,  $\ell = \overline{1, r}$  is the relationship determined on a set of values that satisfy the relationship  $P$ . The incidence is determined as zero only for the inference nodes, that is the operation of expanding the vertex  $\mathfrak{S}$  can be introduced only on this set:

- the parent node is “decision”, the child node is “inference” (fig. 2, a):

$$\mathfrak{S} x_\zeta \rightarrow P d_k ; \quad (3)$$

- the parent node is “decision”, the child node is “decision” (fig. 2, b):

$$\mathfrak{S} x_\zeta \rightarrow P_j x_\zeta = x_{\zeta'} ; \quad (4)$$

- the parent node is “inference”, the child node is “inference” (fig. 2, c):

$$\mathfrak{S} P d_k \rightarrow \sigma_1 P d_k \quad (5)$$

- the parent node is “inference”, the child node is “decision” (fig. 2, d):

$$\mathfrak{S} P d_k \rightarrow x_\zeta \rightarrow \dots \quad (6)$$

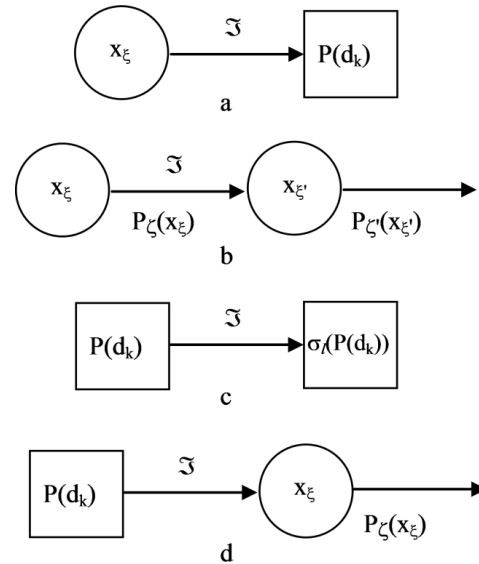


Fig. 2. Operation  $\mathfrak{S}$  – expanding the vertex

The operation of expanding vertices on sets of variables of inference and decision results in creating the basic decision tree  $\mathfrak{N} = (\mathfrak{S}(D), \mathfrak{S}(X))$  with the graph  $G_X^{(B)}$  on which the following branches can be distinguished:

- the fact  $\mathfrak{N}p$  (the way from the root node to the final vertex, fig. 3);
- the elementary fact  $vP \subset \mathfrak{N}p$  (a specific element of the decision way  $\mathfrak{N}p$  with the operation  $\mathfrak{S}$ );
- the partial fact  $\mathfrak{N}r$  (the way for the tree node to the output node that is not the end one).

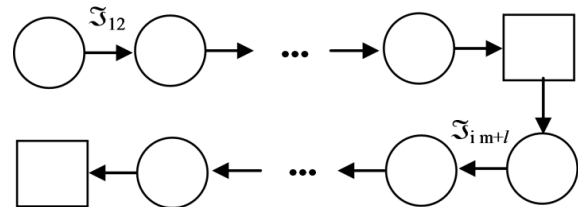


Fig. 3. The formalism of partial decision

The following stage is filling the basic tree with semantic information and organizing its interaction with network intelligent agents.

## 2. Stratified expansion of the basic decision tree in E-learning

For the information support of the branches of the decision tree in e-learning, the process of the stratified expansion of the basic decision tree  $\mathfrak{N}$  with the graph  $G_X^{(B)}$  should be considered; within the process the decision nodes will be detailed and the links among the obtained subnodes will be established both at the horizontal and vertical levels [12].

Let the isomorphism between the subgraph of the graph  $G_X^{(B)}$  that includes all decision nodes and the graph  $G_X$  (1), after that,  $G_X$  will be stratified according to the relations determined on the basic decision tree (fig. 4).

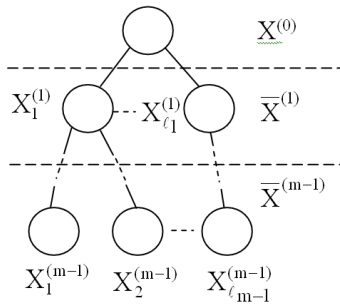


Fig. 4. The graph  $G_X$  of the stratified tree

Let us assign the graph  $G_X$  to the isomorphic graph  $G_C(\bar{C}, H)$  that has a set of vertices  $\bar{C}$  which are search goals that determine the corresponding elements of facts and a set of arcs  $H = h_{j\nu}^i$  that determine the relations of the conditions of achieving goals of the search for upper level or “AND” conditions. While achieving the basic goal  $C_0$ , a set of specifying objectives and tasks arises in the nodes of the  $(m-1)$ -th rank

$X^{V_{m-1}}$ ,  $1 \leq V_{m-1} \leq \ell_{m-1}$ , which often lead to the failure to achieve the corresponding goals  $C^{V_{m-1}}$ . A set of goals and tasks that are assigned to the nodes  $X^{V_{m-1}}$  can be presented as a set of graphs of objectives and tasks  $G_{C_0}^{m-1} = G_{C_0}^{V_{m-1}}$  (fig. 5):

$$G_{C_0}^{V_{m-1}} = \bar{C}_0^{V_{m-1}}, h, \quad (7)$$

where  $\bar{C}_0^{V_{m-1}} = C_0^{V_{m-1,0}}, \bar{C}_0^{V_{m-1,1}}, \dots, \bar{C}_0^{V_{m-1,n-1}}$  is the tuple that comprises a set of goals of different ranks;  $C_0^{V_{m-1,0}}$  is the basic goal of the  $v$ -th node of the  $(m-1)$ -th rank;  $\bar{C}_0^{V_{m-1,f}} = (C_0^{V_{m-1,f,1}}, \dots, C_0^{V_{m-1,f,\ell_f}})$ ;  $0 \leq f \leq n-1$ ;  $f$  is the rank identifier in the graph  $G_{C_0}^{V_{m-1}}$ ;  $\ell_f$  is a number of goals of the  $f$ -th rank (wherever the uniqueness of understanding is not interrupted, let us imply that  $n^{V_{m-1}}$  and  $f^{V_{m-1}}$ );  $h = h_{jg}^f$ ,  $0 \leq f \leq n-2$ ;  $1 \leq j \leq \ell_f$ ;  $1 \leq g \leq \ell_f + 1$  is a set of graph arcs that are the relations of the conditions of achieving the goals of the upper level or “AND” conditions.

Any vertex in the graph  $G_{C_0}^{V_{m-1}}$  can be connected by the edges  $h_{j\Theta}^{fV_{m-1}Z^{\alpha_{m-1}}}$ , where  $0 \leq f \leq n^{(v)} - 1$ ;  $0 \leq Z \leq n^{(\alpha)} - 1$ ;  $1 \leq j \leq \ell_f$ ;  $1 \leq \Theta \leq \ell_Z$ , with one or several vertices in the graph  $G_{C_0}^{\alpha_{m-1}}$ ;  $\alpha \neq v$ ;  $0 \leq \alpha, v \leq \ell_Z$ .

Let us assign each link  $h_{j\Theta}^{fV_{m-1}Z^{\alpha_{m-1}}}$  to a set of tasks in the node of the largest rank of the structure  $G_X$  with

the subordinate nodes  $X^{V_{m-1}}$  and  $X^{\alpha_{m-1}}$ . These are the tasks of the coordination of the nodes  $X^{V_{m-1}}$  and  $X^{\alpha_{m-1}}$  when they are solving the subtasks of search.

Thus, the graph of the search coordination can be created

$$G_{CK} = (\bar{C}_K, S_K), \quad (8)$$

where  $\bar{C}_K = (\bar{C}_K^0, \bar{C}_K^1, \dots, \bar{C}_K^{m-2})$  is the tuple that comprises a set of coordinating goals of the nodes of different ranks;  $\bar{C}_K^0 = (C_{K1}^0, C_{K2}^0, \dots, C_{K\ell_0}^0)$  is a set of coordinating goals of the root node  $X^0$  in the graph  $G_X$ ;  $\bar{C}_K^{ij} = (C_{K1}^{ij}, C_{K2}^{ij}, \dots, C_{K\ell_i}^{ij})$ ,  $1 \leq j \leq \ell_i$ ;  $0 \leq m-2$ ;  $1 \leq t \leq \ell_t$  is a set  $\ell_t$  of coordinating goals of the nodes  $X_j^i$  (wherever the uniqueness of understanding is not interrupted,  $t$  is understood as  $t^{ij}$ );

$$S_K = S_K^T \cup S_K^{TA}; \quad S_K^T \cap S_K^{TA} = \emptyset, \quad (9)$$

where  $S_K^T = S_{k\omega\tau\nu}^{Tij}$ ,  $1 \leq t, \omega \leq \ell_t$ ;  $0 \leq I; \tau \leq m-2$ ;  $1 \leq j \leq \ell_i$ ;  $1 \leq \gamma \leq \ell_\tau$ ;  $1 \leq \nu \leq \ell_{m-1}$  is a set of non-directed relations between the  $t$ -th and  $\omega$ -th coordinating goals of the  $j$ -th node of the  $i$ -th rank and the  $\gamma$ -th control element of the  $\tau$ -th rank when the  $\nu$ -th control element of the  $(m-1)$ -th rank is solving the search task;  $S_K^{TA} = S_{k\omega\tau\nu}^{TAij}$  is a set of directed (transitive-antisymmetric) relations among the corresponding coordinating goals (fig. 5).

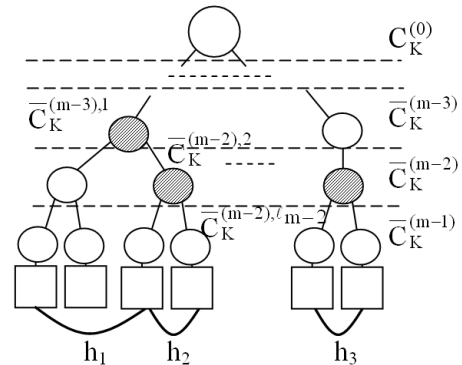


Fig. 5. The graph of the implementation of the coordinating goals and tasks

The coordinating goal  $C_{Kt}^{ij}$  relevant to the link  $h_{j\Theta}^{fV_{m-1}Z^{\alpha_{m-1}}}$  is created in the graph  $G_{C_0}^{V_{m-1}}$  by the following way: the node with the least value of the  $i$ -th rank is determined in the graph  $G_X$ ; the nodes  $\alpha$  and  $v$  of the  $(m-1)$ -th rank are transitively connected to this node by the relations  $R = r_{j\nu}^i$ .

In the course of the query processing, network resources among the intelligent agents (IA) that participate in the query processing should be redistributed. Let IA To

achieve the goals of operational control  $\bar{C}_0^{v_{m-1}}$  of the  $v$ -th node of the  $(m-1)$ -th rank, IA requires that the node  $X_j^i$  which is transitively connected to the node  $\nu$  by the relations  $R = r_{j\nu}^i$  solve the task  $\bar{C}_R$  of redistributing resources among the nodes with indices  $\nu$  and  $\alpha$  ( $1 \leq \nu, \alpha \leq \ell_{m-1}, \nu \neq \alpha$ ) of the  $(m-1)$ -th rank. Let us create the graph of the goals and tasks of operational redistribution of resources (fig. 6):

$$G_{CR} = (\bar{C}_R, S_R), \quad (10)$$

where  $\bar{C}_R = (\bar{C}_R^0, \bar{C}_R^1, \dots, \bar{C}_R^{m-2})$  is the tuple that comprises a set of goals for redistributing resources;  $\bar{C}_R^0 = (C_{R1}^0, C_{R2}^1, \dots, C_{R\ell_t}^{m-2})$ ,  $1 \leq t \leq l_t$  is a set of goals in redistributing resources that the control element  $X^0$  has.

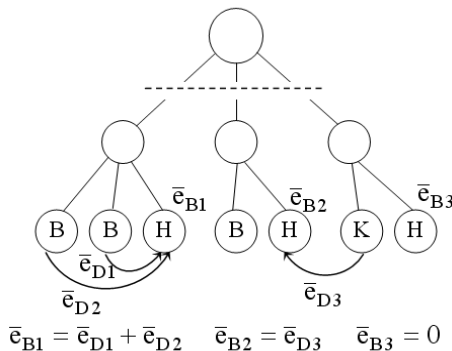


Fig. 6. The graph of resources redistribution

Thereafter, for the nodes  $X_j^i$ :

$$\bar{C}_R^{ij} = (C_{R1}^{ij}, C_{R2}^{ij}, \dots, C_{R\ell_t}^{ij}); \quad (11)$$

$$S_R = S_R^T \cup S_R^{TA}; \quad S_R^T \cap S_R^{TA} = \emptyset, \quad S_R^T = S_{R\omega\tau\nu}^{Tij};$$

$1 \leq t, \omega \leq l_t; 0 \leq i, \tau \leq m-2; 1 \leq j \leq l_i; 1 \leq \gamma \leq l_\tau; 1 \leq \nu \leq l_{m-1}$  are non-directed relations among the  $t$ -th and  $\omega$ -th goals in redistributing resources of the  $j$ -th node of the  $i$ -th rank and the  $\gamma$ -th node of the  $\tau$ -th rank to ensure solving the tasks  $\nu_{m-1}$ ;  $S_R^{TA} = S_{R\omega\tau\nu}^{TAij}$  is a set of transitive-antisymmetric relations among corresponding goals in redistributing resources

Let us consider the nodes with indices  $\nu$  and  $\alpha$  ( $1 \leq \nu_{m-1}, \alpha \leq \ell_{m-1}$ ) of the  $(m-1)$ -th rank that have isomorphic graphs  $G_{C_0}^{v_{m-1}}$  and  $G_{C_0}^{\alpha_{m-1}}$  of the goals and tasks as the similar ones.

The set  $\bar{X}^{m-1} = U_1, U_2, \dots, U_{\ell_y}$  can be partitioned according to the types ( $y = \bar{1}, \bar{\ell}_y$  is a set of the types of nodes of the  $(m-1)$ -th rank) in the set of nodes  $\bar{X}^{m-1} = X^{v_{m-1}}, 1 \leq \nu \leq \ell_{m-1}$ .

Thus, to set a set of goals and tasks of the search in the structure  $G_X$ , it suffices to determine:

- the graphs of goals and tasks of the search for each type of nodes of the  $(m-1)$ -th rank;
- a set of edges

$$h = h_{j\Theta}^{f^{v_{m-1}} Z^{\alpha_{m-1}}},$$

that determine the dependence of the achievement of search goals for the nodes  $X^{\alpha_{m-1}}$  and  $X^{v_{m-1}}$  which are not similar;

- a set of indicators  $d = d_{ff}^{v_{m-1} \alpha_{m-1}}$  that set probable relations in redistributing resources in accordance with the requirements of intelligent agents for the nodes  $\alpha_{m-1}$ , for the node  $\nu_{m-1}$  so that it achieves the search goal of the  $j$ -th rank -  $f$  in  $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ ;
- mapping:

$$F_R : d \rightarrow \bar{C}_R; \quad F_K : h \rightarrow \bar{C}_K. \quad (12)$$

Let us consider that the stratified structure  $W$  of goals and tasks of search is set in the graph  $G_X$  of the decision tree  $\aleph = (\aleph(D), \aleph(X))$ , if the tuple of six elements is determined

$$M = \langle G_X, G_{C_0}^{m-1}, G_{CK}, G_{CR}, F_R, F_K \rangle. \quad (13)$$

It is the integration of substructures  $W_\nu$  that are set in the graph  $G_X$  when the search task is solved by each node of the  $(m-1)$ -th rank with operational assignment of network resources to the called intelligent agent, that is

$$W = \bigcup_{\nu=1}^{\ell_{m-1}} W_\nu.$$

### 3. Creating stratified semantic network in E-learning

To deal with the branches of the decision tree  $\aleph = (\aleph(D), \aleph(X))$  expanded by the stratified structure  $W$ , the following operations are determined:

- partitioning the tree  $\aleph(\aleph)$ ; the operation lies in separating the partial tree  $\aleph-p$  in the strata levels of  $W$  structure (the diagram of the operation is presented in fig. 7) or according to "vertical" identifiers;

- integrating partial trees  $\lambda$  ( $\lambda > 1$ ) with the complement  $\wp \aleph_{p_1}, \dots, \aleph_{p_\lambda}$  (the diagram extension, Fig.1, a);

- specifying integration  $\wp \aleph_p$ , when the final vertex of the inference of the partial tree is compared to another partial tree whose root vertex is the selected vertex of inference (fig. 8).

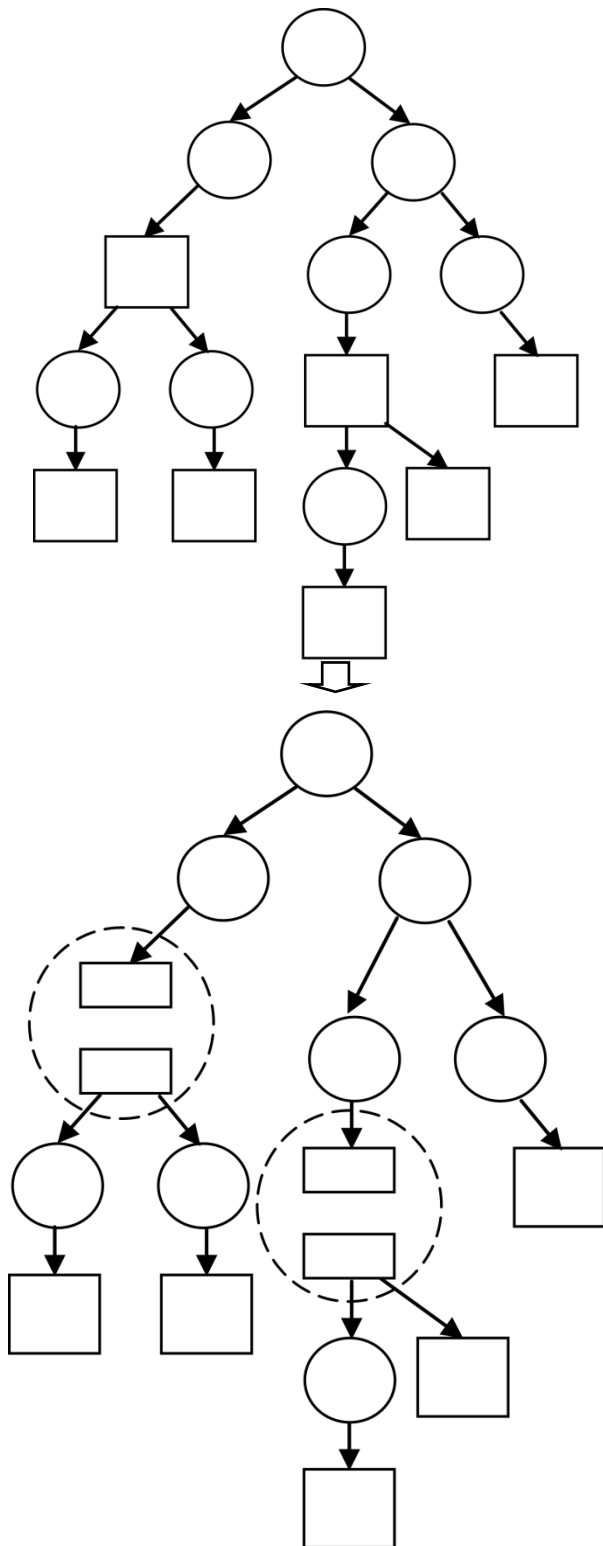


Fig. 7. The operation of partitioning according to strata

#### References

1. Kuchuk, G., Kharchenko, V., Kovalenko, A. and Ruchkov, E. (2016), "Approaches to Selection of Combinatorial Algorithm for Optimization in Network Traffic Control of Safety-Critical Systems", *Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2016)*, P. 384–389.
2. Gandal, Neil (2013), "The dynamics of competition in the internet search engine market.", *Handbook of Research on Effective Advertising Strategies in the Social Media Age*, Vol. 19, P. 1103–1117, DOI:10.1016/S0167-7187(01)00065-0.
3. Jawadekar, Waman S. (2011), "Knowledge Management: Tools and Technology", *Knowledge management: Text & Cases*, New Delhi: Tata McGraw-Hill Education Private Ltd, 319 p., ISBN 978-0-07-07-0086-4.
4. Voorhees, E.M. (2017), *Natural Language Processing and Information Retrieval*, available at : <http://citeseer.ist.psu.edu/voorhees99.natural.html>.

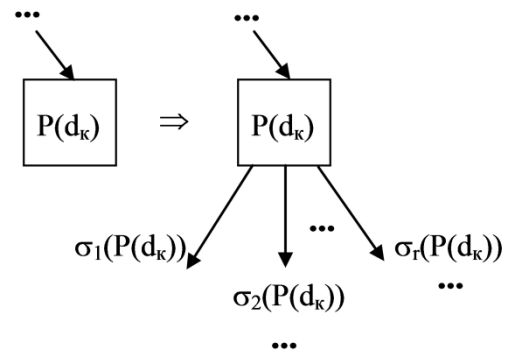


Fig. 8. Integration with specifications

Let us determine a set of attributes of the considered fact obtained on the basis of the structure  $W$  as  $A = (A_1, \dots, A_\mu)$  and a set of relations connected with this fact as  $R = (R_1, \dots, R_\psi)$ ; the intension of the relationship  $R_v$  ( $v \in \overline{1, \psi}$ ) is determined as follows:

$$Int R_v = A^{(v)} \subset A; dom A^{(v)}, \quad (14)$$

where  $A \supset A^{(v)}$  is a subset of attributes of the considered relationship;  $dom A^{(v)}$  are domains corresponding to these attributes whose integration is a basic set for transmitting information to corresponding intelligent agents.

The extension of the relationship  $R_v$  ( $v \in \overline{1, \psi}$ ) is determined as

$$Ext R_v = F_\theta^{(v)} R_v, \quad (15)$$

where  $F_\theta^{(v)} R_v$  is the expended  $\theta$ -th elementary fact of the considered relationship that is set by a bunch of attribute pairs according to the structure  $W$ , that is the specification of this relationship.

#### Conclusions

Thus, the method for synthesizing the decision tree and the stratified semantic network is suggested; this method enables considering them in close relationship in the context of the distributed search in e-learning, which results in the fact that the search process and the construction of inference mechanisms can be formalized by network intelligent agents according to the required attributes and specified relationships.

5. Tauber D. (2004), RDF, available at : <http://xmlhack.ru/texts//D6-RDF>.
6. W3C GRDDL Specification, available at : <http://www.w3.org/RDF/YR/GRDDL>.
7. Risvik, K.M. and Michelsen, R. (2002), "Search engines and web dynamics", Computer Networks, Vol. 39, no. 3. P. 289–302.
8. Manner, J. (2004), *Mobility Related Terminology*, Network Working Group, RFC 3753, 224 p.
9. Ian H. Witten, Eibe Frank and Mark A. Hall (2011), *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 3rd Edition, Morgan Kaufmann, 664 p., ISBN 9780123748560.
10. Fridman, A. (2004), "Knowledge Integrating in Situative Modelling System for Nature-Technical Complexes", *Proc. European Simulation and Modelling Conference (ESMc2004)*, Paris, France, 2004, P. 49–58.
11. Kuchuk, G. A., Kovalenko, A. A., Mozhaev, A. A. (2010), "An Approach to Development of Complex Metric for *Multiservice Network Security Assessment*", *Statistical Methods of Signal and Data Processing (SMSDP – 2010): Proceedings of Int. Conf., NAU, RED, IEEE Ukraine section joint SP*, Kyiv, P. 158–160.
12. Udaya, Sri K. and Vamsi, Krishna T. V. (2014), "E-Learning : Technological Development in Teaching for school kids", *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, P. 6124–6126.

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

**Кучук Ніна Георгіївна** – кандидат педагогічних наук, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, доцент кафедри теоретичної та прикладної системотехніки, м. Харків, Україна; e-mail: [nina\\_kuchuk@ukr.net](mailto:nina_kuchuk@ukr.net); ORCID: 0000-0002-0784-1465.

**Кучук Ніна Георгиевна** - кандидат педагогических наук, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, доцент кафедры теоретической и прикладной системотехники, г. Харьков, Украина; e-mail: [nina\\_kuchuk@ukr.net](mailto:nina_kuchuk@ukr.net); ORCID: 0000-0002-0784-1465.

**Kuchuk Nina** – PhD (Pedagogy), V.N. Karazin Kharkiv National University, Associate Professor of the Department of Theoretical and Applied Systems Engineering, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [nina\\_kuchuk@ukr.net](mailto:nina_kuchuk@ukr.net); ORCID: 0000-0002-0784-1465.

**Артюх Роман Володимирович** – кандидат технічних наук, Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості", директор, м. Харків, Україна; e-mail: [roman.artyuh77@gmail.com](mailto:roman.artyuh77@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5129-2221.

**Артюх Роман Владимирович** – кандидат технических наук, Государственное предприятие "Южный государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности", директор, г. Харьков, Украина; e-mail: [roman.artyuh77@gmail.com](mailto:roman.artyuh77@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5129-2221.

**Artiukh Roman** – PhD (Engineering), State Enterprise "National Design & Research Institute of Aerospace Industries", Director, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [roman.artyuh77@gmail.com](mailto:roman.artyuh77@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5129-2221.

**Нечаусов Артем Сергійович** – кандидат технічних наук, Національний аерокосмічний університет імені М. С. Жуковського "ХАІ", старший викладач кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі, м. Харків, Україна; e-mail: [a.nechausov@khail.edu](mailto:a.nechausov@khail.edu); ORCID: 0000-0001-7216-5566.

**Нечаусов Артем Сергеевич** - кандидат технических наук, Национальный аэрокосмический университет имени М. Е. Жуковского "ХАИ", старший преподаватель кафедры геоинформационных технологий и космического мониторинга Земли, г. Харьков, Украина; e-mail: [a.nechausov@khail.edu](mailto:a.nechausov@khail.edu); ORCID: 0000-0001-7216-5566.

**Nechausov Artem** – PhD (Engineering), National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Senior Lecturer of the Department of Geoinformation Technologies and Space Monitoring of the Earth, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [a.nechausov@khail.edu](mailto:a.nechausov@khail.edu); ORCID: 0000-0001-7216-5566.

## МЕТОД ПОБУДОВИ СЕМАНТИЧНОЇ МЕРЕЖІ РОЗПОДІЛУ ПОШУКУ В E-LEARNING

**Предметом** вивчення в статті є семантичні мережі розподіленого пошуку в E-learning. **Мета** – синтез дерева рішень і стратифікованої семантичної мережі для конструювання мережевими інтелектуальними агентами в E-learning механізмів виведення відповідно до необхідних атрибутами і заданими відносинами. Отримані наступні **результати**. Запропоновано модель базового дерева рішень в E-learning. Для моделювання дерева рішень в E-learning використана логіка предикатів першого порядку, що дозволила: робити обчислення як в вузлах дерева, так і на його ребрах, а на основі результатів обчислень приймати рішення; застосовувати операції розбиття для вибору окремих фрагментів; уточнювати рішення при подальшому розкритті верхніх вершин висновків; розширити по вертикалі і горизонталі багаторівневу модель. На першому етапі формалізації моделі був побудований граф базового дерева рішень, вузли якого представляють підструктуру, здатну виконати автономну підзадачу пошуку. Другий етап - наповнення базового дерева семантичної інформацією і організація його взаємодії з мережевими інтелектуальними агентами. Для інформаційного забезпечення гілок дерева рішень в E-learning запропонований процес стратифікованого розширення базового дерева рішень, при якому деталізувалися вузли типу "рішення" і встановлювалися зв'язки між отриманими Підвузли як на горизонтальному, так і на вертикальному рівні. Показано, що для завдання безлічі цілей і завдань пошуку на досліджуваній структурі досить визначити: графи цілей і завдань пошуку кожного з типів вузлів; безліч ребер, що визначають залежність виконання цілей пошуку для вузлів, які не є однотипними; безліч покажчиків, що встановлюють можливі відносини з перерозподілу ресурсів відповідно до вимог інтелектуальних агентів; відображення зв'язку. Розроблена математична модель базового дерева рішень дозволила побудувати стратифіцированное розширення. Визначення інтенціоналом і екстенціонали на даному розширенні дозволило використовувати для пошуку апарат стратифікована семантична мереж. **Висновки.** Запропоновано метод синтезу дерева рішень і стратифікованої семантичної мережі, що дозволяє при розподіленому пошуку в E-learning розглядати їх у тісному взаємозв'язку, в результаті чого з'являється можливість формалізації процесу пошуку і конструювання мережевими інтелектуальними агентами механізмів виведення відповідно до необхідних атрибутами і заданими відносинами.

**Ключові слова:** стратифікована семантична мережа, інтенціонал, екстенціонал, дерево рішень, E-learning, інтелектуальний агент.

## МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПОИСКА В E-LEARNING

**Предметом** изучения в статье являются семантические сети распределенного поиска в E-learning. **Цель** – синтез дерева решений и стратифицированной семантической сети для конструирования сетевыми интеллектуальными агентами в E-learning механизмов вывода в соответствии с требуемыми атрибутами и заданными отношениями. Получены следующие **результаты**. Предложена модель базового дерева решений в E-learning. Для моделирования дерева решений в E-learning использована логика предикатов первого порядка, позволившая: производить вычисления как в узлах дерева, так и на его ребрах, а на основе результатов вычислений принимать решения; применять операции разбиения для выбора отдельных фрагментов; уточнять решения при дальнейшем раскрытии верхних вершин выводов; расширить по вертикали и горизонтали многоуровневую модель. На первом этапе формализации модели был построен граф базового дерева решений, узлы которого представляют подструктуру, способную выполнить автономную подзадачу поиска. Второй этап – наполнение базового дерева семантической информацией и организация его взаимодействия с сетевыми интеллектуальными агентами. Для информационного обеспечения ветвей дерева решений в E-learning предложен процесс стратифицированного расширения базового дерева решений, при котором детализировались узлы типа "решение" и устанавливались связи между полученными подузлами как на горизонтальном, так и на вертикальном уровне. Показано, что для задания множества целей и задач поиска на исследуемой структуре достаточно определить: графы целей и задач поиска каждого из типов узлов; множество ребер, определяющих зависимость выполнения целей поиска для узлов, которые не являются однотипными; множество указателей, устанавливающих возможные отношения по перераспределению ресурсов в соответствии с требованиями интеллектуальных агентов; отображения связи. Разработанная математическая модель базового дерева решений позволила построить стратифицированное расширение. Определение интенционалов и экстенционалов на данном расширении позволило использовать для поиска аппарат стратифицированных семантических сетей. **Выводы**. Предложен метод синтеза дерева решений и стратифицированной семантической сети, позволяющий при распределенном поиске в E-learning рассматривать их в тесной взаимосвязи, в результате чего появляется возможность формализации процесса поиска и конструирования сетевыми интеллектуальными агентами механизмов вывода в соответствии с требуемыми атрибутами и заданными отношениями.

**Ключевые слова:** стратифицированная семантическая сеть, интенционал, экстенционал, дерево решений, E-learning, интеллектуальный агент.

V. SIDOROV, V. BABENKO, M. BONDARENKO

## RESEARCHING FACTORS OF INNOVATIVE ACTIVITIES OF AGRARIAN BUSINESS OF UKRAINE UNDER GLOBALIZATION OF THE WORLD ECONOMY

Modern processes of reforming the agroindustrial complex of Ukraine, a large part of which belongs to the agrarian sector, under the globalization of world economic processes in the agricultural market require that domestic agroindustrial enterprises improve and rationally manage innovative activities (IA). The effective solution of problems that arise in this context in the rapidly changing economic and social and political environment requires that analytical methods in the management of the enterprises of the agroindustrial complex (AIC) be used on the basis of the tools of economic and mathematical modelling, taking into account characteristics of agrarian production. The main approaches to modelling systems related to IA management are either descriptive or insufficiently formalized, and suggest virtual experimenting with IA management, avoiding the possibility of assessing the impact and consequences of different management options in the long view, minimizing IA risks when making managerial decisions. The **subject** matter of the article is the tools of economic and mathematical simulation of the development of innovative activities of the domestic agroindustrial complex. The **goal** is to develop tools for modelling innovative activities of enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine in the form of analytical dependencies of impact factors. The **objective** is to research the dynamics of innovative activities of enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine in terms of its components under the globalization of world economic processes in the market of agricultural products. General scientific **methods** are used, such as system analysis – to determine the peculiarities of development of IA of agroindustrial production in Ukraine, factor analysis – to formalize the cause-and-effect relationships of the investigated factors of AIC enterprises impact on IA. The following **results** were obtained: on the basis of the analysis of the dynamics of changes in the major indices of domestic agricultural production, the problem aspects were identified and the components of IA of agricultural production were determined, latent factors with prolonged impact on the level of innovative activities of agricultural enterprises of Ukraine were calculated. **Conclusions:** the calculated latent factors of the impact of AIC enterprises on IA can be efficiently used in foreign economic activities as recommendations for determining the IA strategy of Ukraine in the world agricultural market.

**Keywords:** innovative activities, world economy, agroindustrial production, agricultural products, development factors, latent factors.

### Problem setting

The future of Ukraine, which is one of the most resource-rich countries in the world, largely depends on the effective development of agricultural management. The global food crisis is growing every year, the economic and financial crisis in Ukraine and abroad is spreading, world natural resources are depleting, the ecological situation is degrading as evidenced by climate changes and the decline of health and living standards of the world population. These and other factors testify the need of IA intensification as one of the most efficient ways to increase the competitiveness of the country under the globalization of world economic processes in the agricultural market.

Domestic agroindustry has a significant innovative potential, which is capable to ensure a high level of scientific and technological development of Ukraine in the international business environment. At the same time, the reserves of production capacities and favorable foreign economic environment still remain the prevailing sources of growth in the sphere of agroindustry for the export of agricultural raw materials to international markets of agricultural products. Maintaining current tendencies in the agroindustrial sector of the country which are based on low-tech production as well as the ongoing decline of production in the field of agroindustrial complex proves the necessity of applying scientific approaches to IA introduction and management at AIC enterprises [1]. Today one of the priorities of the state policy should be the modernization of both the national industry in general and the agroindustrial complex in particular, on the basis of IC intensification, and the efficient use of its powerful scientific and technological potential. At the present stage

it is necessary to implement complex measures to support innovative activities of domestic enterprises, including agricultural enterprises, at all stages of IA, to stimulate the demand for research results and innovative developments, for qualified personnel, as well as for favorable conditions for producing innovative products with a high degree of added value.

### The analysis of literary sources and recent researches

The analysis of innovative activities is characterized by creating, developing and spreading innovations. So far, the concept of “innovation” has aroused much interest among scientists around the world. The research on this issue was initiated mainly by European and American scholars such as I. Perlaki [2], E. Rogers [3], B. Santo [4], B. Twice [5], J. Schumpeter [6] and others. Although the concept of “innovation” emerged abroad at the beginning of the XX century, domestic scientists analyzed and further developed it in the 1930s, but more attention to this problem began to be paid in the 1960s when the issue of the essence of innovation was more widely studied.

The concept of “IA management”, a set of measures supporting innovations, tools for strategic planning of enterprise IA, the most important managerial problems related to the management of innovation were studied in foreign sources of information to determine the state of IA management outside Ukraine. According to numerous scientific literary sources, the interest to the development and management of innovation in the world has grown enormously over the last few years, which attracts the scientific attention of managers and scientists. [7, 8]. New approaches to the introduction of innovation by using achievements in the field of information and

communication technologies have become a catalyst for spreading innovative technologies, innovative products and other elements of IA. Such scientists as S. Zott, R. Amit and L. Massa [9] have developed and distributed the concept of business-modelling innovations (BMI) with the help of Internet resources. D.J. Teece states that BMI is an integral part of the economic behavior of the management entity [10].

The analysis showed that innovative technologies come with new ways of doing business [11, 12]. There are two major approaches: 1) the use of post-industrial technologies; and 2) corporate sector efforts to enter new markets and attract new customers. Scientific and technological advances in so-called post-industrial technologies (for example, software or biotechnology) come with the development of organizational methods and management structures that fundamentally differ from traditional manufacturing organization and come with new ways of doing business. [13].

The second approach in the form of institutionalization of open innovation as a way of arranging IA outside the enterprise is typical for many branches of industry [14]. In addition, it should be stated that while “correct” product design is a prerequisite for entering new markets, IA management is crucial for allocating resources and adjusting sales channels that are necessary for the success of business operations. Thus, special attention is paid to organizational and managerial forms of IA development in the context of modern foreign enterprises operation.

But, despite a significant number of publications, the role and strategic position of Ukraine in the sphere of innovative activities in the world agricultural market is still an issue of present interest that requires further researching.

**The goals of the article** are to research the development of innovative activities of AIC enterprises of Ukraine and their main components in the global

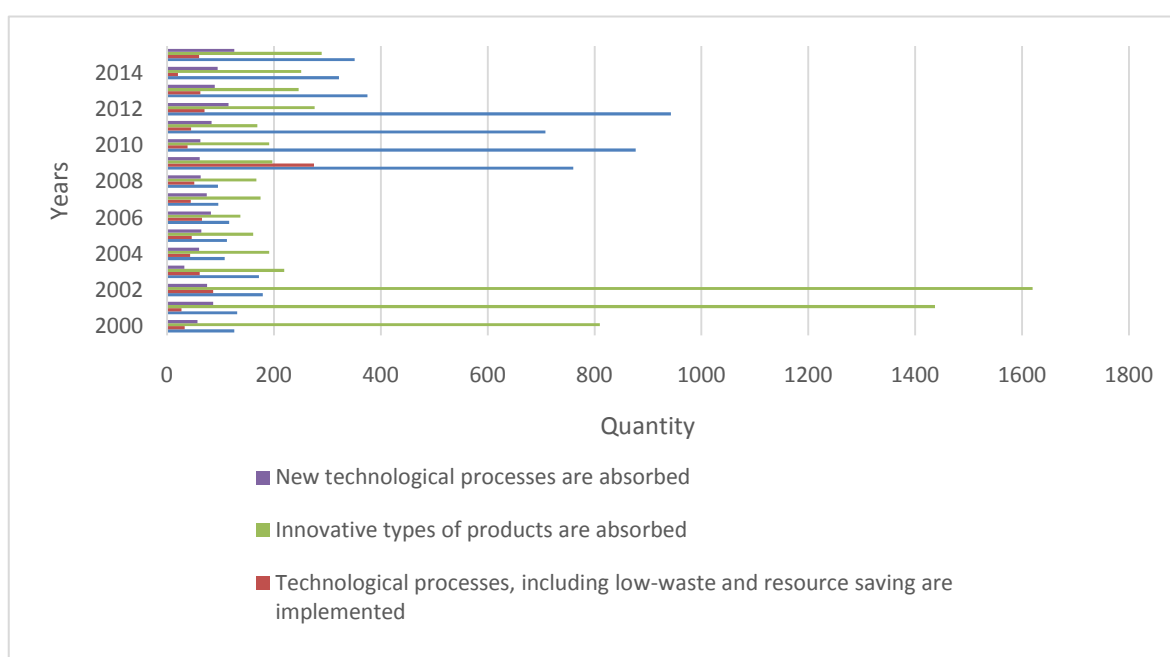
agricultural market on the basis of determining factors that have impact on the level of innovative activities of agroindustrial enterprises and to model latent factors that affect the indices of the dynamics of innovativeness of domestic agricultural enterprises.

### Presentation of the material

Achieving the competitiveness of the Ukrainian economy, where the competitiveness of domestic products and services in domestic and foreign markets plays a special part, is one of the main tasks of economic science. An important element of competitiveness is innovations that have recently become crucial for developing agrarian production, which is based on the gained knowledge and information resources. The increasing degree of openness of the Ukrainian economy and strengthening integration processes in the world economy in order to overcome food security require adequate responses from Ukrainian agro-processing enterprises.

Solving the task of the food security problem in Ukraine is a national task that is directly related to IA development in the agroindustrial complex. Ukraine has declared the selection of an innovative way of its development. To implement this program, a large number of legislative and regulatory documents have been adopted, specialists actively work on the issue of reorganization in government bodies, hold conferences, forums, and public discussions, and consider innovations in numerous publications. But the main task is launching real mechanisms of innovative development that will work in every area of the national economy, taking into account national priorities and trends of world development of scientific and technological progress.

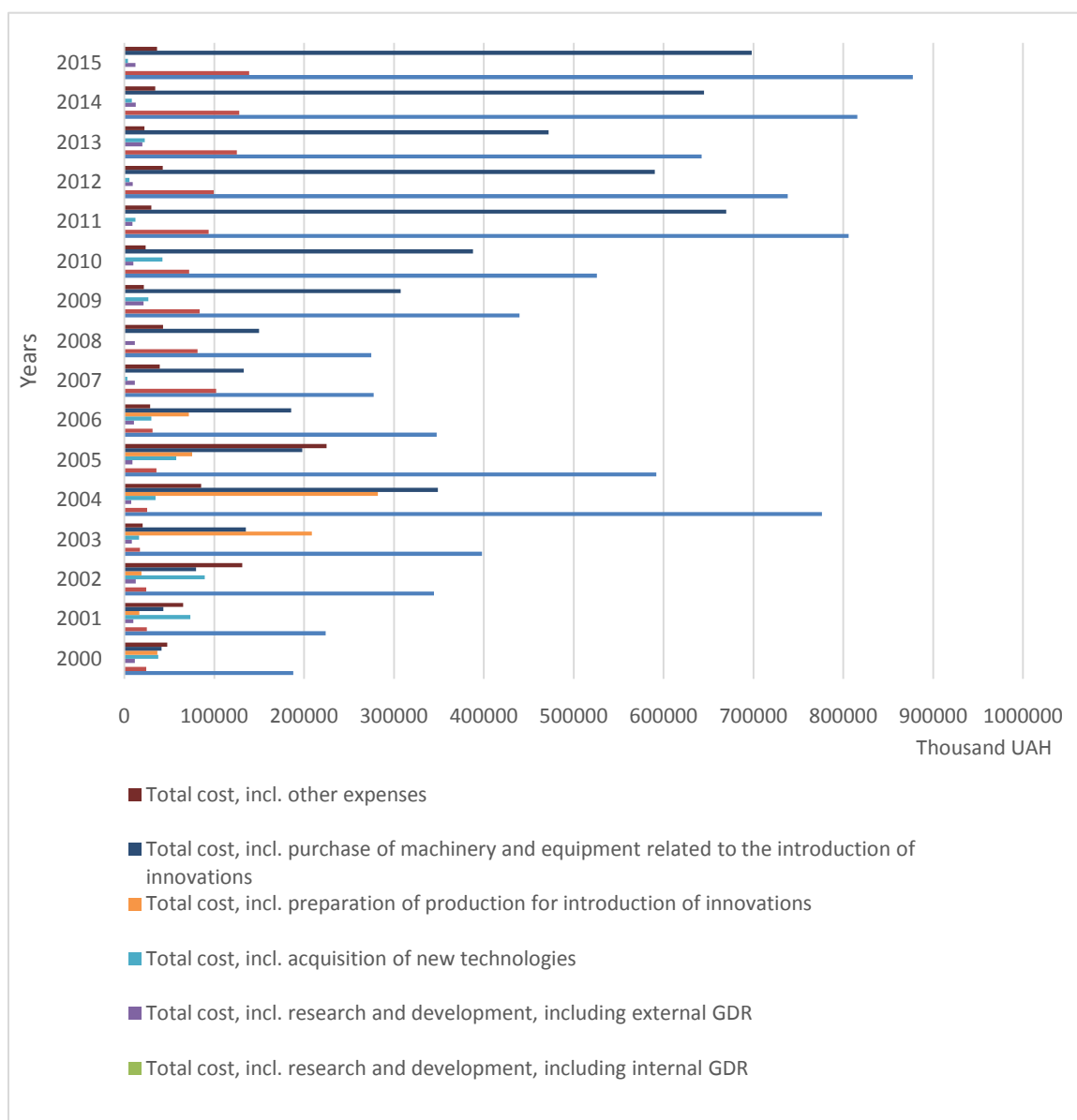
Let us analyze the dynamics of introducing innovations by enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine on the basis of statistical information (Fig. 1) [15].



**Fig. 1.** Dynamics of introducing innovations by enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine (2000-2015)

According to the results of the analysis, it can be concluded that, unfortunately, the number of innovations introduced by domestic enterprises of the agroindustrial complex, with the general tendency to increase, has decreased over the last years.

The dynamics of the costs for introducing innovations by enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine is presented in fig. 2.



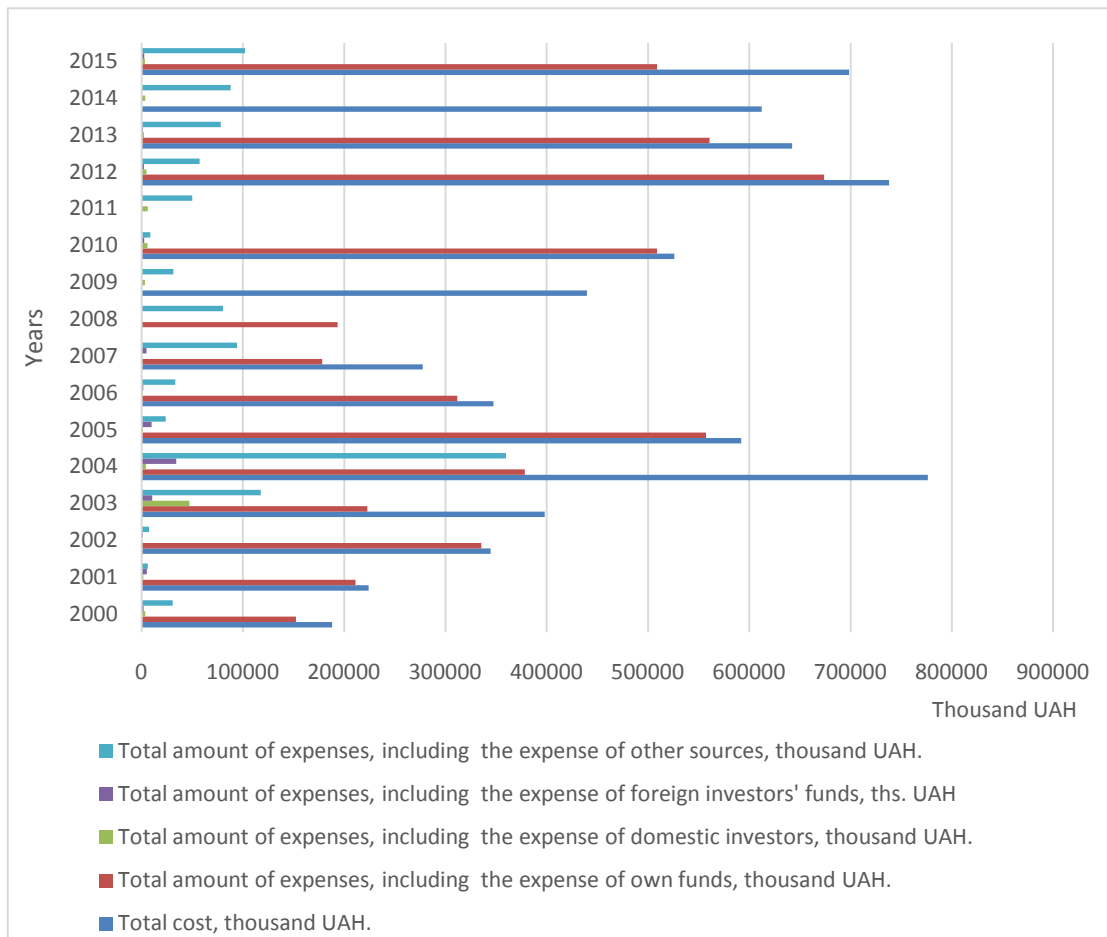
**Fig. 2.** The dynamics of costs for introducing innovations by enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine (2000–2015)

The dynamics of attracted investments by enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine over the last fifteen years according to the sources of financing is presented in Fig. 3.

The method of multidimensional statistical analysis (factor analysis) is used to study the factors of impact on the IA level of enterprises of the agroindustrial complex in terms of its components. This analysis is intended to identify and quantify generalizing characteristics that adequately describe the whole set of output and result indices, thereby reflecting the laws of the development of the enterprise research activities and the mechanism of their internal interconnections. The calculations were

performed taking enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine as an example with the help of Statgraphics Centurion statistical package.

To develop the system of models of latent factors that affect the IA components of the enterprises of Ukraine, the integral indices that characterize the IA components of AIC enterprises should be calculated, namely: 1) the dynamics of the innovative activity of enterprises, 2) the dynamics of IA costs and sources of financing, 3) the dynamics of implementing the IA of enterprises. Each component is characterized by a system of individual indices [16].



**Fig. 3.** Dynamics of attracted investments by enterprises of the agroindustrial complex of Ukraine according to the sources of financing (2000-2015)

Thus, the dynamics of innovative activities of enterprises is described by the following indices:  $x_1$  is enterprises engaged in innovations;  $x_2$  is the total expenses of the enterprises engaged in innovations;  $x_3$  is the research and development costs;  $x_4$  is the expenses on internal research activities;  $x_5$  is the expenses on external research activities;  $x_6$  is the cost of acquiring new technologies;  $x_7$  is the cost of preparing an enterprise for the introduction of innovations;  $x_8$  is the cost of purchasing machinery and equipment related to the introduction of innovations;  $x_9$  is other costs related to the introduction of innovations.

The second component, that is the dynamics of costs and sources of financing of enterprise IA, depends on the following indices:  $x_{10}$  is the total expenses;  $x_{11}$  is the amount at the enterprise own expense;  $x_{12}$  is the amount at the expense of domestic investors;  $x_{13}$  is the amount at the expense of foreign investors;  $x_{14}$  is the amount at the expense of other sources.

Assessing the dynamics of the implementation of enterprise IA, which is the third component, is characterized by the following indices:  $x_{15}$  is the share of enterprises that introduced innovations;  $x_{16}$  is a number of new technological processes introduced;  $x_{17}$  is a

number of new low-waste, resource-saving processes implemented;  $x_{18}$  is a number of innovated types of products;  $x_{19}$  is a number of innovated types of equipment;  $x_{20}$  is the share of innovated production realized by an enterprise on an industrial scale.

The first component of the level of IA of Ukrainian enterprises, that is the dynamics of innovative activities of enterprises, is affected by several factors. Let us consider these factors in groups of three. They account for 73.67% of the variability of indices that determine this component. Latent factors affecting the indices of the dynamics of innovative activities of domestic enterprises are described by the following equations:

$$F_{11} = 0,705x_{11} + 0,217x_{12} - 0,023x_{13} + 0,094x_{14} + 0,152x_{15} + 0,771x_{16} + 0,377x_{17} - 0,747x_{18} + 0,857x_{19} - 0,931x_{20},$$

$$F_{12} = 0,549x_{11} - 0,634x_{12} - 0,195x_{13} - 0,201x_{14} + 0,766x_{15} + 0,366x_{16} - 0,213x_{17} + 0,282x_{18} + 0,927x_{19} + 0,075x_{20},$$

$$F_{13} = 0,077x_{11} + 0,029x_{12} + 0,918x_{13} + 0,909x_{14} - 0,026x_{15} - 0,300x_{16} - 0,428x_{17} - 0,292x_{18} - 0,090x_{19} + 0,085x_{20}.$$

Thus, in the whole set of enterprises the first, and consequently, the most significant factor is the generalizing one (the first factor), created by indices, formed in the direction of reducing factor loads:  $x_{20}, x_{19}, x_{16}, x_{18}, x_{11}$ , the rest of the indices can be

neglected because their factor loads are less than 0.5. The second factor is indices  $x_{19}, x_{15}, x_{12}, x_{11}$ . The third factor of the state of the innovative activities of enterprises of Kharkiv region is characterized by the following sequence of indices:  $x_{13}, x_{14}$ . Thus, as a result of the conducted analysis, the first three latent factors that influence the

dynamics of innovative activities of enterprises were obtained; they are –  $x_{20}, x_{19}, x_{13}$ .

The second component of the enterprise IA, that is the dynamics of IA costs and sources of financing, are affected by several factors as well. So, the latent factors will also be considered in groups of three; their equations are as follows:

$$\begin{aligned} F_{21} &= 0,902x_1 + 0,203x_2 + 0,925x_{15} + 0,382x_{16} - 0,112x_{17} + 0,536x_{18} + 0,787x_{19}, \\ F_{22} &= -0,311x_1 + 0,864x_2 + 0,125x_{15} + 0,611x_{16} - 0,018x_{17} - 0,778x_{18} + 0,308x_{19}, \\ F_{23} &= -0,151x_1 - 0,024x_2 + 0,135x_{15} + 0,558x_{16} + 0,959x_{17} - 0,060x_{18} - 0,049x_{19}. \end{aligned}$$

The ranking of indices according to these factors is:  $x_{15}, x_2, x_{17}$ . The second group of three factors accounts for 85.489% of the variability of the indices that determine this component.

The third component of the level of the IA of agricultural enterprises of Ukraine, that is the dynamics of implementing IA is also affected by three factors, which accounts for 81,84% of the variability of indices that determine this component. The equations of this group of latent factors are:

$$\begin{aligned} F_{31} &= 0,944x_1 + 0,042x_2 + 0,109x_3 + 0,887x_{15} + \\ &\quad + 0,261x_{16} - 0,112x_{17} + 0,668x_{18} + 0,719x_{19}, \\ F_{32} &= -0,179x_1 + 0,796x_2 + 0,781x_3 + 0,309x_{15} + \\ &\quad + 0,689x_{16} + 0,042x_{17} - 0,690x_{18} + 0,484x_{19}, \\ F_{33} &= -0,138x_1 - 0,128x_2 + 0,234x_3 + 0,113x_{15} + \\ &\quad + 0,485x_{16} + 0,955x_{17} + 0,002x_{18} - 0,077x_{19}. \end{aligned}$$

Therefore, there are the 7th, 8th and 9th latent factors that affect the dynamics of the implementation of

enterprise IA, whose ratings of indices have the following sequence:  $x_1, x_2, x_{17}$ .

### Conclusions

The factors that affect the level of IA of agricultural enterprises in terms of their components were investigated in order to show the laws and patterns of developing the IA of the agroindustrial complex of Ukraine and the mechanisms of their internal and external interrelations; the factor analysis was performed as well. With the help of the analysis results, the system of models of latent factors that affect the IA components was developed on the basis of computed integral indices that characterize the components of their IA, in particular, the dynamics of innovative activities of enterprises, the dynamics of IA costs and sources of financing, the dynamics of implementing the enterprise IA. The latent factors that have been determined according to the three components of IA of agricultural enterprises can be efficiently used in foreign economic activities as recommendations for determining the IA strategy of Ukraine in the world agricultural market.

### References

1. Babenko, V. (2014), *Management of innovation processes of processing enterprises of agrarian and industrial complex (mathematical modeling and information technologies): monograph* [Upravlinnya innovatsiynomy protsesamy pererobnykh pidpryemstv APK (matematychnye modelyuvannya ta informatsiyni tekhnolohiyi): monohrafiya], V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University, Machulin, 380 p.
2. Blazhey, A., Driensky, D., Perlaki, I., Ed. Savelyev, A. Ya. (1988), *Scientific and Technical Revolution and Engineering Education*: [trans. from Slovaks.]. Moscow: High. School. 284 p.
3. Rogers, E., Agarwal-Rogers, R. (1980), *Communication in the organization*. Moscow: Economics. 176 p.
4. Santo, B., Ed. and intro Sazonova, B. B. (1990), *Innovation as a mean of economic development*: [trans. from hung.]. Moscow: Progress. 296 p.
5. Twis, B. (1989), *Management of scientific and technical innovations*: trans. from Englis. Moscow: Economics. 271 p.
6. Schumpeter, Y. A. (2007), *The Theory of Economic Developmen*. Moscow: Direct-Media. 400 p.
7. Baden-Fuller, C., Morgan, M. S. (2010), "Business Models as Models". *Long Range Planning*. No. 43. P. 156-171.
8. Johnson, M. W. (2010), *Seizing the white space. Business Model Innovation for growth and renewal*. Harvard Business Press: Boston, Massachusetts.
9. Amit, R., Zott, C. (2012), "Value Through Business Model Innovation". *MIT Sloan Management Review*. No. 53 (3). P. 41-49.
10. Teece, D. J. (2010), "Business models, business strategy and innovation". *Long Rang Planning*. No. 43. P. 172-194.
11. Strunz Herbert (2011), *Tagebuch der Weltwirtschaft, 2000-2010: Kommentare, Kritik, Reflexionen*. Frankfurt-Moscow: Lang. 205 p.
12. World economic outlook, September 2011: slowing growth, rising risks. Intern. Monetary Fund. Washington: IMF. 2011. XVIII. 219 p.
13. Babenko, V. O. (2016), "Problematic aspects of innovative activity of Ukraine on the world market of agricultural products". *Scientific Bulletin of Uzhgorod National University. "International economic relations and world economy"*. Issue 6. p. 1. P. 26-29.
14. *World economic outlook, April 2015: recovery strengthens, remains uneven*. Intern. Monetary Fund. Washington: IMF. 2015. XVI. 216 p.
15. Science, Technology and Innovation. State Statistics Service of Ukraine. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

16. Babenko, V. A. (2017). "Modelling of factors affecting innovational agricultural activity of enterprises AIC in Ukraine". *Scientific bulletin of Polissia*. No. 1 (9). p. 2. P. 115-121.

Receive 11.09.2017

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

**Сідоров Вадим Ігоревич** – кандидат економічних наук, професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, декан факультету міжнародних економічних відносин та туристичного бізнесу, м. Харків, Україна; e-mail: irtb@karazin.ua; ORCID: 0000-0002-5655-2221.

**Сидоров Вадим Игоревич** – кандидат экономических наук, профессор, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, декан факультета международных экономических отношений и туристического бизнеса, г. Харьков, Украина; e-mail: irtb@karazin.ua; ORCID: 0000-0002-5655-2221.

**Sidorov Vadim** – PhD (Economics), Professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Dean of the School of International Economic Relations and Travel Business, Kharkiv, Ukraine; e-mail: irtb@karazin.ua; ORCID: 0000-0002-5655-2221.

**Бабенко Віталіна Олексіївна** – доктор економічних наук, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, професор кафедри міжнародного бізнесу та економічної теорії, м. Харків, Україна; e-mail: vitalinababenko@karazin.ua; ORCID: 0000-0002-4816-4579.

**Бабенко Виталина Алексеевна** – доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, профессор кафедры международного бизнеса и экономической теории, г. Харьков, Украина; e-mail: vitalinababenko@karazin.ua; ORCID: 0000-0002-4816-4579.

**Babenko Vitalina** – Doctor of Sciences (Economics), PhD (Engineering Sciences), Associate professor, V.N. Karazin Kharkiv National University, Professor of the Department of International Business and Economic Theory, Kharkiv, Ukraine; e-mail: vitalinababenko@karazin.ua; ORCID: 0000-0002-4816-4579.

**Бондаренко Михайло Ігорович** – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, аспірант кафедри міжнародних економічних відносин, м. Харків, Україна; e-mail: mib2435@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2460-3848.

**Бондаренко Михаил Игоревич** – Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, аспирант кафедры международных экономических отношений, г. Харьков, Украина; e-mail: mib2435@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2460-3848.

**Bondarenko Michael** – V.N. Karazin Kharkiv National University, Post-graduate student of the Department of International Economic Relations, Kharkiv, Ukraine; e-mail: mib2435@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2460-3848.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ СВІТОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Сучасні процеси реформування галузі АПК України, значна частка якої належить аграрному сектору, в умовах глобалізації світогосподарських процесів на ринку сільськогосподарської продукції вимагає від вітчизняних агропромислових підприємств вдосконалення та раціонального управління інноваційною діяльністю (ІД). Ефективне вирішення виникаючих при цьому завдань в швидко змінюваних умовах економічного та соціально-політичного середовища потребує застосування аналітичних методів в управлінні ІД підприємств АПК на основі інструментарію економіко-математичного моделювання з урахуванням особливостей аграрного виробництва. Основні підходи щодо моделювання систем, пов'язаних з управлінням ІД, здійснено описовими засобами або представлено з недостатньою формалізацією, і пропонують практично експериментувати з управлінням ІД, уникаючи можливість оцінити результативність та наслідки різних варіантів управління ІД в майбутній перспективі з мінімізацією ризиків ІД при прийнятті управлінських рішень. **Предметом** дослідження в статті є інструментарій економіко-математичного моделювання розвитку ІД вітчизняного агропромислового виробництва. **Мета** – полягає у розробці інструментів моделювання розвитку ІД підприємств АПК України у вигляді аналітичних залежностей факторів впливу. **Завдання:** дослідження динаміки розвитку ІД підприємств АПК України в розрізі її складових в умовах глобалізації світогосподарських процесів на ринку сільськогосподарської продукції. Використовуються загальнонаукові **методи:** системний аналіз – для визначення особливостей розвитку ІД агропромислового виробництва України, факторний аналіз для формалізації причинно-наслідкових взаємозв'язків досліджуваних факторів впливу на ІД підприємств АПК. Отримано такі **результати:** на основі проведеного аналізу динаміки змін основних показників вітчизняного агровиробництва виявлено проблемні аспекти та визначено складові ІД агропромислового виробництва, а також обчислено латентні фактори, що мають пролонгований вплив на рівень ІД підприємств АПК України. **Висновки:** обчислені латентні фактори впливу на ІД підприємств АПК доцільно використовувати у зовнішньоекономічній діяльності у якості рекомендацій для визначення стратегії ІД України на світовому ринку сільськогосподарської продукції.

**Ключові слова:** інноваційна діяльність, світове господарство, агропромислове виробництво, сільськогосподарська продукція, фактори розвитку, латентні фактори.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ МИРОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Современные процессы реформирования отрасли АПК Украины, значительная часть которой принадлежит аграрному сектору, в условиях глобализации мирохозяйственных процессов на рынке сельскохозяйственной продукции требует от отечественных агропромышленных предприятий совершенствования и рационального управления инновационной деятельностью (ИД). Эффективное решение возникающих при этом задач в быстро меняющихся условиях экономического и социально-политического среды требует применения аналитических методов в управлении ИД предприятий АПК на основе инструментария экономико-математического моделирования с учетом особенностей аграрного производства. Основные подходы к моделированию систем, связанных с управлением ИД, осуществлено описательными средствами или

представлены с недостаточной формализацией, и предлагают практически экспериментировать с управлением ИД, избегая возможность оценить результативность и последствия различных вариантов управления ИД в будущей перспективе с минимизацией рисков ИД при принятии управленческих решений. **Предметом** исследования в статье является инструментарий экономико-математического моделирования развития ИД отечественного агропромышленного производства. **Цель** заключается в разработке инструментов моделирования развития ИД предприятий АПК Украины в виде аналитических зависимостей факторов влияния. **Задача:** Исследование динамики развития ИД предприятий АПК Украины в разрезе ее составляющих в условиях глобализации мирохозяйственных процессов на рынке сельскохозяйственной продукции. Используются общенаучные **методы:** системный анализ – для определения особенностей развития ИД агропромышленного производства Украины, факторный анализ для формализации причинно-следственных взаимосвязей исследуемых факторов влияния на ИД предприятий АПК. Получены следующие **результаты:** на основе проведенного анализа динамики изменения основных показателей отечественного агропроизводства выявлены проблемные аспекты и определены составляющие ИД агропромышленного производства, вычислены латентные факторы, имеющие пролонгированное влияние на уровень ИД предприятий АПК Украины. **Выводы:** вычисленные латентные факторы влияния на ИД предприятий АПК целесообразно использовать во внешнеэкономической деятельности в качестве рекомендаций для определения стратегии ИД Украины на мировом рынке сельскохозяйственной продукции.

**Ключевые слова:** инновационная деятельность, мировое хозяйство, агропромышленное производство, сельскохозяйственная продукция, факторы развития, латентные факторы.

---

A. SKORKIN, O. KONDRATYUK

## THE BASIC PRINCIPLES OF THE INTEGRATED MANAGEMENT OF THE PROCESS OF ASSEMBLY AND THREADING

The **subject** matter of this article is the issues related to the integrated management of assembling operations of fastening and threading elements at all stages of their implementation. The **goal** is to develop the generalized structure of the data management system of the process of assembly and threading. The **objectives** are: to justify the principles of managing the assembly and threading process at each stage of the assembly to improve the efficiency of these operations, to study the power, accuracy and performance characteristics of the connections and to draw the conclusion that suggested the theory of assembly management is efficient. The following **results** are obtained. The article presents the analytical dependencies of the force indexes of threading in the course of the package and sheet assembly, including the tightening force while joining; the assembly of a multilayered package of dissimilar sheet materials was analyzed. On the basis of the theoretical analysis, the dependences of the power indices of threading during the package and sheet assembly were determined. The assembly of the package of sheet materials was investigated, including a multilayered package of dissimilar materials of a "metal-plastic" type. **Conclusions.** The process of assembling threaded joints with the use of management principles was used; these principles enable increasing the efficiency of the assembly process, reducing the complexity of the basic operations, and improving the quality of the joints obtained. The use adaptive control of the screwing speed on the main threading transitions is suggested for reducing the torque. The technology of making threaded joints with given properties is developed, the main ways of increasing the efficiency of assembly and threading processes are determined on the basis of the integrated control system for the assembly process.

**Keywords:** assembly, fastening elements, threading process, torque.

### Introduction

In the process of assembling threaded joints, modern high-performance equipment, automation and intensification means, systems of monitoring the parameters of assembly operations and the resulting connections are widely used.

However, despite the advance in the development of thread-assembling technologies, the labour intensity of the basic operations of assembling threaded parts still remains within 35–40%. The efficiency of technologies is determined by the total technical effect obtained from their implementation. With regard to the assembly of threaded connections, the efficiency is determined by the indices:

- productivity and cost-efficient performance of coupling operations;
- labour intensity;
- the quality of the joints obtained;

One direction for improving these indices is introducing the assembly and threading processes based on the use of thread fasteners in the product designs.

### The analysis of literary sources and problem setting

A thorough study of fasteners with thread and profile sections is based on the positive indicators of their installation and the qualitative characteristics of the joints obtained. The variety of fastening and threading parts is constantly being improved and enhanced. Combining the processes of threading, coupling and tightening the joints in one transition, such details make it possible to provide high strength, stopping and maintainability rates in threaded pairs [1, 4.].

Threading studs, screws and bolts, bushings, pins and other elements are manufactured in according to the state and industry standards, technical conditions, and also in accordance with the catalogues of leading firms and corporations [2, 8]. The control over the issues of their

production, assembly technologies, resource tests of joints, their quality characteristics and the development of promising designs of parts is carried out by leading research and production organizations.

The utilization of fasteners according to the branches of industry is as follows:

- vehicle manufacturing industry – 42%,
- aerospace industry – 14.3%,
- others – 43.7%.

The assortment of fasteners is as follows:

- male thread– 40%,
- fasteners for aerospace industry – 21%,
- plain – 13%,
- female thread– 11%,
- other shaped – 9%,
- non-standard – 6%.

The assortment of threading fasteners is being constantly enlarged.

The most widely used fasteners are self-tapping and self-rolling screws, studs, threaded bushings. These fastening elements are widely used in machine building, vehicle manufacturing industry, aircraft building, electrical engineering, instrument making, building and other industries.

The analysis of situations shows that not only the process should be managed, but the entire complex including the stages of production preparation, preparatory stages: feeding, orientating and engaging.

The development of the technology of the assembly process includes the preparatory, synthetic, analytical and final stages [10]. With regard to the assembly and threading processes, this procedure can be represented as the following structure:

- the preparatory technological stage (data support, analysis and decision making, analytics, final stages);
- the preparatory design stage (design drafting for tooling auxiliary equipment, production of tooling, installation, settings and adjustments, test operations, troubleshooting);

- the stage of assembly (parts loading and installing, coupling transitions, removing parts and units);
- post-assembly stage (connection supervision, testing pilot batch, the analysis of rejected parts, the adjustment of tooling and control systems, the efficiency analysis and technical and economic assessment).

### The goal and objectives of the study

The goal of this study is to develop the generalized structure of the assembly and threading process by the data management system. Proceeding from the goal of the study, the following tasks should be solved:

1. the principles of managing the assembly and threading process at each stage of the assembly should be justified to improve the efficiency of these operations.
2. the power, accuracy and performance characteristics of joints should be studied and the conclusion about the efficiency of the suggested theory of assembly management should be made.

### The main material of the study

The process of forming joints with thread parts involves a finite set of parameters whose properties must be taken into account when carrying out experimental studies.

The main indices of the process of assembly and the joints obtained are formed at the following stages:

1. Informational and analytical.
2. Designed (synthetic).
3. Preparatory.
4. Assembly.

The correct choice of the joint type, fastening element, tightening method, assembly modes, and other parameters detected at the first stage enable establishing the specific pack of designed parameters included in the initial data map of the "Tools-Screw" system that is used in the second stage of the technological preparation of production.

At the preparatory stage, the design elements of the technological system of the screwing machine are developed, which is:

- technological tools (cartridges, devices, loading and feeding devices);
- the conditions for the implementation of the main stages of the assembly (orientation conditions, engaging efforts, the radial rigidity of the tools, the assembly speed control law and so on);

and the choice of assembly equipment is justified.

At the last stage, the following indices should be ensured [9]:

- the reliability of parts coupling;
- the energy efficiency of the process;
- the high productivity of tools;
- qualitative parameters of the obtained joints.

Taking into account the heterogeneity and different physical nature of these indices, a complex quality indicator is suggested that is developed as the function:

$$S = f(M_t; N; V; \eta) \rightarrow \min \quad (1)$$

where  $N$  is the energy intensity of the process of assembly,  $Wt/s$ ;  $V$  is the speed of screwing,  $m/s$ ,  $m/c$ ;  $\eta$  is the coefficient of the thread completeness [105].

The optimal area of function (1) can be ensured by developing certain levels of control parameters that are presented in table 1.

**Table 1.** The stages of control parameters development

No.	Control parameters	Designation	Assembly stages			
			1	2	3	4
1	Allowance	$\delta$		+	+	
2	Screwing speed	$V$		+	+	+
3	Coupling length	$z \cdot P$		+		
4	Bevel lead angle	$\varphi$	+	+		
5	Thread pitch and diameter	$P, d$	+	+		
6	Core hardness	$HB_c$		+	+	
7	Greasing	-	+	+	+	
8	Tightening moment	$M_t$		+	+	+
9	Orientation inaccuracies	$[e], [\gamma]$		+	+	
10	Workpiece location pattern	-		+	+	
11	Chuck hardness	$j_n$		+	+	
12	Fastener type	-	+	+		
13	Torque	$M_t$		+		+
14	Case hardness	$HB_K$		+	+	
15	Profile filling coefficient	$\eta$		+	+	

Table 1 shows that three parameters  $V$ ,  $M_t$ ,  $M$  operate at the stage of coupling. Along with the other parameters that are set at the design stage of assembly, these parameters are the main ones that affect the function level at the fourth stage.

In this case, the different possibilities of impact on these parameters should be taken into consideration. For example, if the speed and torque can be controlled by the drive system of the screwing machine, the screwing torque is the magnitude of the derivative that is determined by

the speed and other factors developed in the 2-nd and 3-rd stages [1, 4, 9].

If the controlled process is presented systematically, all the parameters of Table 1 can be divided into 3 groups:

- setting (initial);
- disturbing (that have a random character);
- outputs that determine the level of the target function  $S$ .

The diagram of such system is shown in fig. 1.

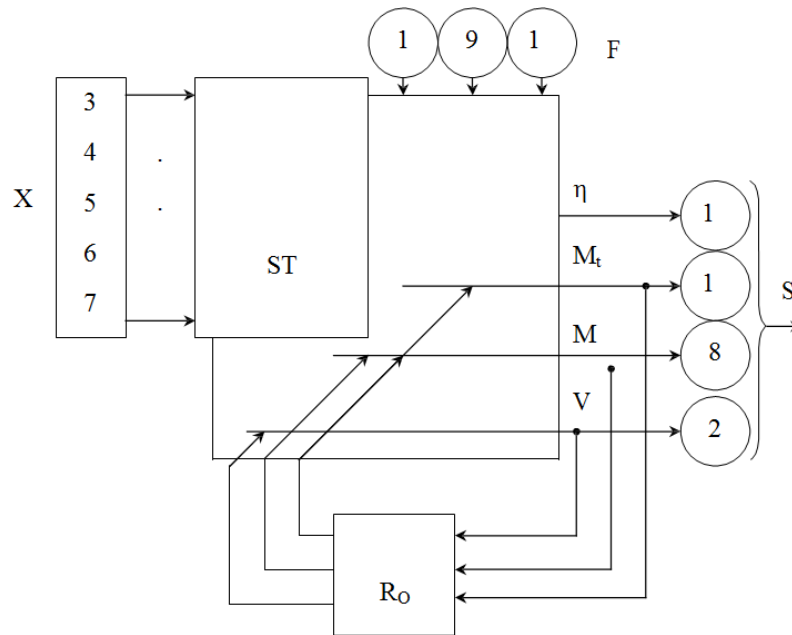


Fig. 1. The structure of the assembly control

In the second and third stages, the parameters  $X$  and  $F$  which are specified in technical conditions or substantiated analytically are developed. The latter ones have only a calculated nature at these stages, and in the process of assembly (the 4-th stage), they appear as random quantities. The set of calculated values of these factors forms a pseudo-block of the master device (MD). The output values  $Y$  (2, 8, 13) form the level of the target function  $S$  and are controlled by the feedback system of the screwing machine. When passing the regulator  $R_o$ , they can form both their own level and other output values. Factors  $X$  and  $F$  also affect the output values (they are not shown in the communication circuit).

Since the torque is a complex index that determines the assembly level and the quality of the formed joints to a large extent [8, 4, 9], the validity of theoretical guidelines of the 3-rd section should be confirmed and the possibilities of the target function minimization should be determined in the process of parts joining.

This task was solved experimentally. Theoretical values of torque for various materials and fastening elements were previously calculated. The calculation was made for the following materials:

- sheet steel up to 1.5 mm thick;
- aluminium alloy Al4;
- textolite;
- organic glass;

- polystyrene for general use.

These data were used to compare theoretical and experimental studies.

A number of determining factors is given with account of table 1 on the basis of the analysis of their impact on the torque:

The allowance  $\delta$  is determined according to the recommendations of the works [1, 9] at the level

$$\delta = 0,5 - 0,58 P \quad (2)$$

The parameters of threading and the lead-in geometry are given by the requirements of a technical drawing or are determined by the type of the fastener used. This does not relate to the parameters 6, 12, 14.

The greasing type (7) and the parameter of the technical machine system (9, 10, 11) relate to technical recommendations or are determined by calculation (jn) or are of random nature and cannot be determined as determining factors.

On the basis of stated above, four factors  $d$ ,  $P$ ,  $l/d$  or  $z$ ,  $V$  are selected for the torque experimental model. Their impact is much greater in the models of the previous researching where they were used and [1, 9, 10,]. table 2 shows the levels of determining factors and their variability intervals.

**Table 2.** Determining factors

The levels of factors		Factors			
		<i>d</i>	<i>P</i>	<i>ld</i>	<i>V</i>
		MM	MM	–	m/c
Upper	+	6	1,5	1,5	0,073
Major	0	4,5	1,0	1,0	0,047
Lower	–	3	0,5	0,5	0,021
Vari ability interval	$\Delta x$	1,5	0,5	0,5	0,026

The character of the impact of determining factors of the torque is determined in the course of previous experiments.

The thread pitch, the length of thread engagement, and the speed have the greatest effect. Therefore, the use of the dependence of the second order is used as a model:

$$M_t = a_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} a_i \times x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} a_{ij} \times x_i \times x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} a_{ii} \times x_i^2, \quad (3)$$

where  $a_0$  is a free term;  $a_i$ ,  $a_{ij}$ ,  $a_{ii}$  are true values of the model coefficients;  $k$  is a number of factors.

The order of conducting experiments and the processing of the results correspond to the methods of planning the experiments of the second order. However, the question of selecting the most optimal form of the plan was previously decided. One criterion of optimality can be considered a number of experiments in them. The symmetrical composite orthogonal plans were rejected because of the complexity of organizing experiments according to the levels of determining factors assigned to star points, and the most economical and close to D-optimal Hartley plans were adopted for the implementation. One requirement for a kernel plan is realized in them: it should be a replica which enables assessing the coefficients for pair interactions independently of one another. Replicas with one-, two-

and four-letter interactions meet such requirement. So, in the tasks where  $k = 4$  the replicas  $24-1$  c  $1 = \pm x_1 x_2 x_4$ ,  $1 = \pm x_1 x_3 x_4$ ,  $1 = \pm x_2 x_3 x_4$ ,  $1 = \pm x_1 x_2 x_3$  are realized.

The Hartley plan on the cube with  $k = 4$  and a number of experiments in the kernel  $N_1 = 8$ , with a number of star points  $2k = 8$  and one experiment in the centre  $\eta_0 = 1$ , was selected as the basis. The total number of experiments  $N = 17$ .

The device for processing data in the Excel environment was used for automating the regression analysis to process the results of the plan. This tool enables obtaining regression coefficients of a full-sized model along with simultaneous obtaining a set of estimation statistics (the variance of regression coefficients  $S^2 = [a_i]$ , the general correlation deviation  $\hat{\eta}_B$ , the coefficient of multiple correlations  $R_{ij}$ , and so on).

The further sequence of processing the experimental data was carried out according to the standard method described in a number of papers [3, 5, 6]:

1. The significance of the coefficients of the model according to the t-criterion was checked.

2. The adequacy of the final version of the model according to the F-criterion was checked.

The obtained coefficients of the regression equations are given in table 3.

**Table 3.** The coefficients of the regression equations for determining the torque values (package assembly)

Material	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
Al 4	-689935	79183,2	490057	-678978	119414	8,64	17,05	135791	56,1
electrotechnical laminated cloth	-1E+06	167304,4	982374	-2E+06	269239	6,75	16,11	356189	103,7
organic glass	-1E+06	144728,4	838935	-2E+06	235852	3,71	10,24	321675	85,9
polystyrene	-512827	60647,7	349318	-687172	99320	1,16	3,63	137434	35,1
Material	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$	$a_{16}$	
Al 4	-1250,7	476,5	-2E+06	4186780	-63087	-12,79	7899487	-1E+08	
textolite	-1278,4	485,1	-4E+06	9374551	-132438	-21,25	2,1E+07	-2E+08	
organic glass	-824,48	321,7	-4E+06	8214449	-114285	-17,69	1,9E+07	-2E+08	
polystyrene	-285,91	116,6	-2E+06	3462976	-47809	-7,40	8230443	-9E+07	

The generalized form of the experimental model is as follows:

$$M_t = a_0 + a_1 \times d_1 + a_2 \times P + a_3 \times l/d + a_4 \times P^2 + a_5 \times l/d^2 + a_6 \times P \times l/d + a_7 \times d \times l/d + a_8 \times V \times l/d + a_9 \times P \times l/d \times V^2 + a_{10} \times P \times V^2 + a_{11} \times d \times V + a_{12} \times d \times V^2 + a_{13} \times d \times P^2 + a_{14} \times P \times d \times V \times l/d + a_{15} \times V + a_{16} \times V^2 \quad (4)$$

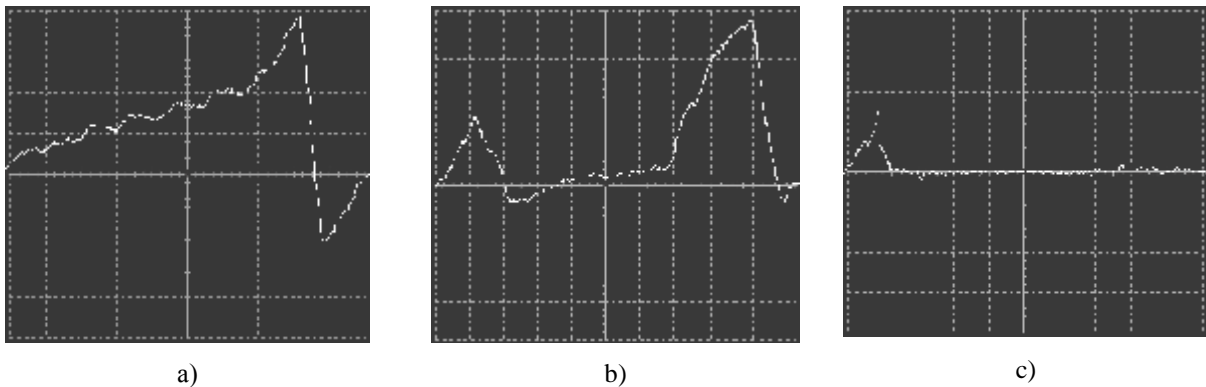


Fig. 2 shows the oscilloscope patterns of the torque for the case made of the Al4 alloy (a) and the sheet assembly (b) 1 mm thick made of the same material. The latter oscilloscope pattern (c) shows the change of the torque for contact pins with the large angle of thread (the material of the sheet is textolite). DSO 2100 oscilloscope was used.

Fig. 3 shows the oscilloscope pattern of the torque while screwing the standard M3 screw in a clearance hole for a case made of the Al4 alloy. The K12-22 oscilloscope was used.

Fig. 2. Torque oscilloscope patterns

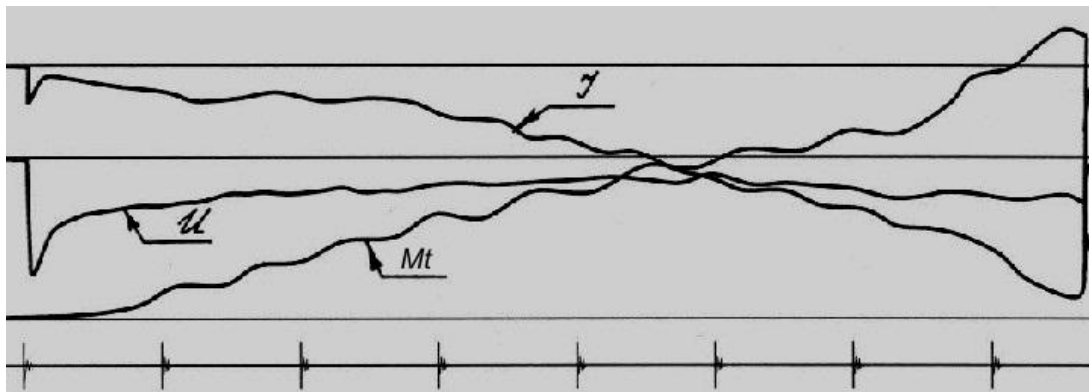


Fig. 3. The oscilloscope pattern of the torque, current, and voltage of the driving electric motor

If the screwing process is considered up to tightening transition, the level of the target function at this stage will be developed only by the values of the torque and speed, and the speed is a determining factor of the moment function. So, the following sequence of determining the target function is evident:

$$X, F \rightarrow V \rightarrow M_t \rightarrow S, \quad (5)$$

And, as the parameters  $X, F$  are determined up to the 4-th order, the optimal value of the speed will develop the level of productivity, energy intensity, and the quality of joints that correspond to the function optimum  $S$ .

The calculation of torque according to the regression equations showed the following nature of their change: the torque values decreased to a certain limit with increasing speed and then increased again. The latter phenomenon can be explained by the dynamic processes that arise in the threaded contact at high speeds of screwing. To a greater extent, this is noticeable for screws with a large thread pitch.

It should be noted that threading is a complex process, that is affected not only by the speed of screwing, but also by the structural parameters of the fastening element, the physical properties of the case or sheet workpieces, and so on. On the other hand, as the speed of screwing increases, the productivity increases, which is important in mass production.

Calculating all combinations of the parameters of threaded joints is a complex and extensive task. A number of all combinations reaches several thousand. Therefore, in the context of this work, the task optimal management for the following joints was solved: screws with diameters of 3 to 6 mm, thread pitches from 0.5 to 1.5 mm, and for four materials (aluminium, textolite, organic glass, and polystyrene). The diameter of the screw within the specified limits does not significantly affect the torque, therefore, this factor was neglected when developing the experimental model of the target function (1).

So, the reliability of the process should be ensured by the following system of conditions:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{\min} < \delta < \delta_{\max}; \\ \delta \rightarrow \eta(\delta) = 0,7 - 0,85; \\ \gamma < [\gamma]; e < [e]; \\ \Delta M \rightarrow 0; \\ M_t < [M]; \\ P_O \geq P_H; \\ \sigma_{Pt} > k_3 \times \sigma_{Tk}; \\ V \geq V_H \quad t \leq t_H, \end{array} \right. \quad (6)$$

where  $\delta_{\min}$ ,  $\delta_{\max}$  are limit calculated values of allowances for threading;  $\eta(\delta)$  is the coefficients of thread completeness of thread in the allowance function;  $[\gamma]$ ,  $[e]$  are the limiting values of the angular and radial error with respect to orientation;  $\Delta M$  is the oscillations of torque during assembly;  $[M]$  is the limit value of the moment of cutting the fastener rod;  $P_o$ ,  $P_H$  are the axial force and the force of engagement at the starting moment of assembly;  $\sigma_{Pt}$  is the yield point of the material of the fastener rod;  $k_r$  is the strength factor;  $\sigma_{Tk}$  is the yield

point of the case material;  $V_B$  is the end speed of engagement.

The target function was calculated for every thread pitch, screwing speed, and for various screwing lengths  $l/d$ .

Then the matrix of the values of the target function was compiled and the minimum in each column was found. Subsequently, some screwing speeds were sampled at these minimum values. The results were processed in the Excel environment to obtain regression coefficients.

The speed of screwing was calculated according to the following formula:

$$V_{opt} = b_0 + b_1 \times l/d + b_2 \times (l/d)^2 + b_3 \times P + b_4 \times P^2$$

where  $b_0 \dots b_4$  are the regression coefficients (table 4);  $l/d$  is the length of screwing/длина свинчивания;  $P$  is the thread pitch,  $N_m$ .

Let the control law be deduced taking the calculation of the assembly joint as the example. The joint characteristics are the following – M5 standard screw with the thread pitch  $P=1$  mm that is crewed in the case made of the Al4 alloy. The screwing length  $l/d=1,5$ .

**Table 4.** The coefficient of equations of the regression levels for calculating the speed of screwing the case-type workpieces

Material	Thread pitch P, mm	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
aluminium	0,5	12,733	0,0129	0,0005	-25,623	0,441
	1,0	24,435	0,0188	-0,0008	-2,616	-21,780
	1,5	1723,387	0,0263	0,0015	-971,649	-118,169
textolite	0,5	-13,908	0,0785	-0,0324	28,185	-0,766
	1,0	-6,021	0,0940	-0,0388	0,445	5,570
	1,5	321,160	0,0703	-0,0291	-181,022	-22,053
organic glass	0,5	4,188	0,0254	-0,0071	-8,445	0,201
	1,0	-3,919	0,0710	-0,0285	0,280	3,639
	1,5	533,203	0,0738	-0,0276	-300,601	-36,579
polystyrene	0,5	5,747	0,0115	-0,0009	-11,601	0,290
	1,0	7,226	0,0426	-0,0139	-0,915	-6,303
	1,5	420,339	0,0515	-0,0183	-236,954	-28,845

The torques at the speed of screwing from 0,0209 to 0,0731 m/s (from 80 to 280 rpm, respectively) and for various ratios  $l/d$  – from 0.5 to 1.5 are calculated according to the formula (4). The first value  $l/d = 0.5$

corresponds to two turns of the screwed thread. From this moment the process of engagement is completed and the stable screwing of the fastener starts. Table 5 shows the results of the calculation of torques.

**Table 5.** Torques for M5screw, thread pitch  $P=1$  mm, case Al4

l/d		0,5	0,66	0,83	1	1,16	1,3	1,5	
$M_t$ , Nm	V, m/s	0,0209	12,22	13,21	14,76	16,81	19,18	21,63	25,71
		0,0296	11,49	12,39	13,83	15,77	18,05	20,41	24,37
		0,0383	11,09	11,86	13,16	14,96	17,11	19,36	23,16
		0,047	11,00	11,61	12,74	14,37	16,37	18,48	22,07
		0,0557	11,22	11,64	12,57	14,01	15,81	17,75	21,11
		0,0644	11,76	11,96	12,66	13,86	15,44	17,19	20,28
		0,0731	12,62	12,61	13,01	13,93	15,31	16,80	19,57

The target function is used to find optimum parameters of assembly and minimum values  $S$  are sampled. Table 6 shows the calculated values of the target function for thread pitches  $P = 1$  mm and  $P = 1,5$  mm. The second part of the table is designed for optimizing as these data will be used to build the optimization fields.

The optimization matrices are built on the basis of table 6. The first matrix comprises the values from the first columns for the thread pitch  $P = 1$  and  $P = 1,5$  mm, the second matrix comprises the values from the second columns, and so on. The matrices were processed with the help of MathCad 8.0. Fig. 4 shows the fields and surfaces

of the optimization, where  $S_1 \dots S_7$  are the values of the target function at  $l/d = 0,5 \dots l/d = 1,5$  respectively.

The graphs clearly show the dependence of the target function on the speed of screwing and thread pitches. As a number of turns of the screwed thread increases, the minimum (painted in blue) shifts toward the maximum values of the screwing speed. The minimum is slightly shifted in the opposite direction for the last turns.

The speed values at the minima of the target function are optimal but have the random distribution law; so, such control is difficult for implementation on a screwing machine. To obtain an acceptable curve, the calculation should be made according to the formula (7).

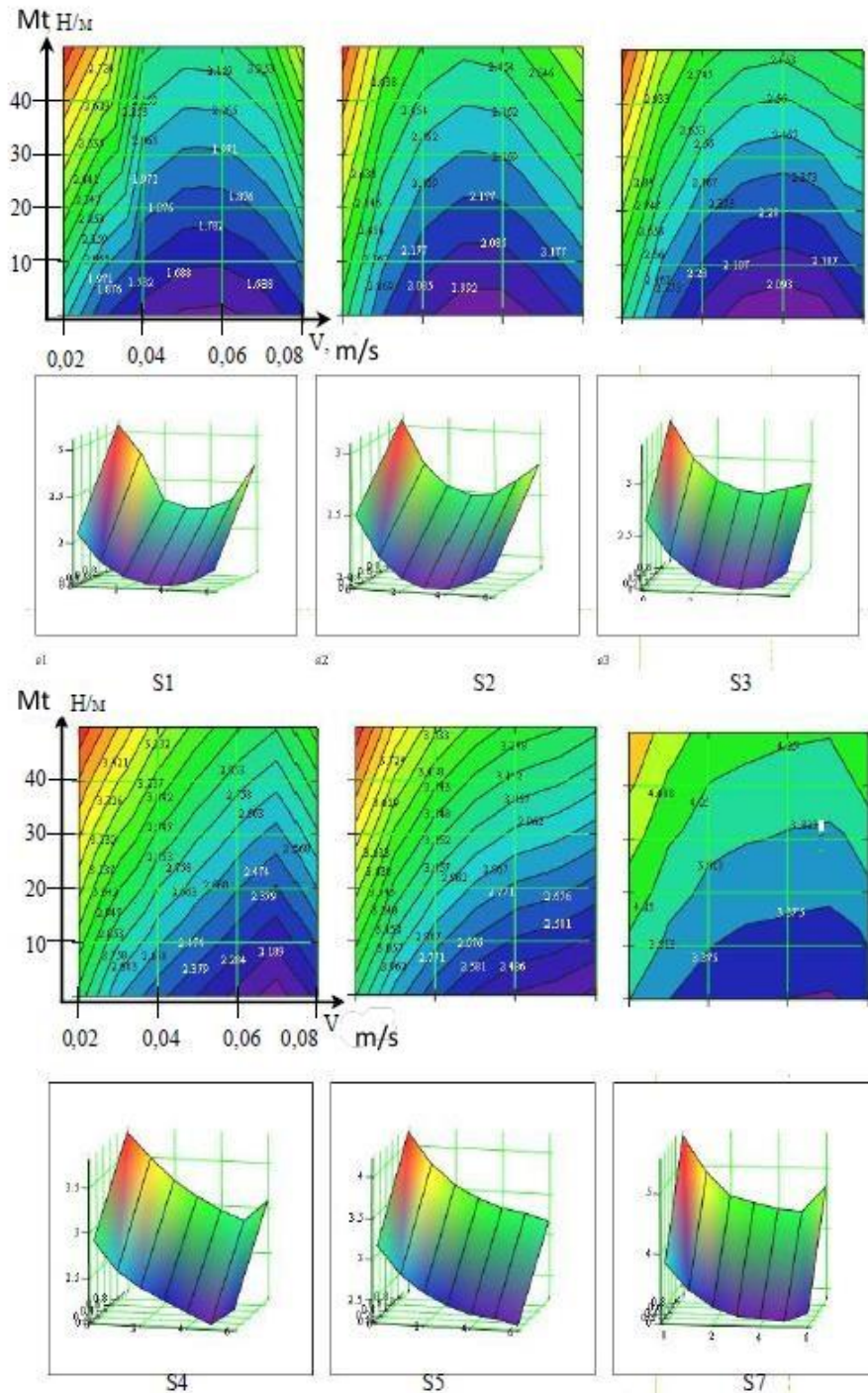


Fig. 4. Fields and optimization surfaces of the target function

**Table 6.** The values of the target functions for screws  $d=5$ , material A14

$P$ , mm		1,0						
$l/d$ , mm		0,5	0,66	0,83	1,0	1,16	1,3	1,5
S	V1	2,53	2,48	2,67	2,92	3,20	3,49	3,98
	V2	2,28	2,17	2,35	2,59	2,87	3,16	3,65
	V3	1,91	2,00	2,17	2,40	2,68	2,96	3,45
	V4	1,85	1,93	2,08	2,29	2,55	2,83	3,30
	V5	1,86	1,91	2,04	2,23	2,48	2,74	3,20
	V6	1,93	1,96	2,05	2,22	2,44	2,69	3,11
	V7	2,06	2,06	2,12	2,25	2,45	2,66	3,06
$P$ , mm		1,5						
S	V1	2,74	3,01	3,35	3,76	4,18	4,60	5,27
	V2	2,45	2,70	3,02	3,41	3,83	4,25	4,91
	V3	2,31	2,54	2,84	3,21	3,62	4,02	4,67
	V4	2,27	2,47	2,74	3,09	3,47	3,85	4,47
	V5	2,31	2,47	2,71	3,01	3,36	3,71	4,30
	V6	2,42	2,53	2,72	2,98	3,28	3,60	4,14
	V7	2,66	2,72	2,87	3,07	3,32	3,58	4,71

Control actions are realized with the help of the diagram (fig. 1) which supplies the voltage which corresponds to the optimum screwing speed to the motor of the screwing head.

### Conclusions

On the basis of the conducted researches, the stages of the control action development in the process of

managing the assembly and ensuring the parameters of the obtained joints were analyzed. In the course of the experimental studies, it was found that the following factors have the greatest impact on the torque – the speed of screwing, the thread pitch, the hardness of the housing material, the diameter of the threaded rod. The empirical formulas of torques are determined depending on the determining factors.

### References

- Butkin, N. S. (1974), Investigation of interchangeability, manufacturability and quality of smooth-threaded joints: dissertation [Issledovanie vzaimozamenjajemosti, tehnologichnosti i kachestva gladko-rez'bovyh soedinenij: dis. ... Kand. tehn. nauk]. Moscow: MAI. 252 p.
- Zelenov, L. M. (1979), "Foreign Fasteners" ["Zarubezhnye krepezhnye izdelija"]. *Avtomobil'naja promyshlennost'*. No. 8. P. 31-32.
- Ivanova, V. M., Kalinina, V. N., Neshumova, L. A. and others (1981), *Math statistics [Matematicheskaja statistika]*. Moscow: Vyssh. shk. 371 p.
- Labeckij, V. M. (1976), Investigation of the process of thread formation and production of threaded joints by means of extruding rods: dissertation [Issledovanie processa formirovanija rez'by i poluchenie rez'bovyh soedinenij s pomoshh'ju vydavlivajushhih sterzhnej: dis. ... kand. tehn. nauk]. Barnaul. API named after I. I. Polzunova. 191 p.
- Kolombet, E. A. (1991), *Microelectronic means for processing analog signals [Mikrojelektronnye sredstva obrabotki analogovyh signalov]*. Moscow: Radio i svjaz'. 376 p.
- Novik, F. S., Arsov, A. B. (1980), *Optimization of the processes of metal technology by the method of planning experiments [Optimizacija processov tehnologii metallov metodom planirovanija jeksperimentov]*. Moscow: Mashinostroenie. Sofija. Tehnika. 304 p.
- John, R., Jones, S. (1997), "The economic Relevance of materials joining technology". *Welding World*. Vol. 39. No. 3. P. 145-153.
- Huhnert, T. (1995), "Systems for determining the coefficient of friction as the most important quality feature of screw mounting" ["Systeme zur Ermittlung des Reibwertes als wichtigstes Qualitätsmerkmal der Schraubmontage"]. *Machine*. No. 6-7. P. 30-31.
- "Right for the job: Advertising company Taumel Assembly Systems (NJ)". *Automation*. March. 1990. Vol. 3. P. 56.
- "Inserts to repair a variety of thread sizes". *Modern machine Shop*. 1997. Vol. 70. No. 1. P. 284-287.

**Скоркін Антон Олегович** – кандидат технічних наук, доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри металоріжучого обладнання і транспортних систем, м. Харків, Україна; e-mail: Andromeda862@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3032-8341.

**Skorkin Anton Olegovich** – кандидат технических наук, доцент, Украинская инженерно-педагогическая академия, доцент кафедры металлорежущего оборудования и транспортных систем, г. Харьков, Украина; e-mail: Andromeda862@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3032-8341.

**Skorkin Anton** – PhD (Engineering), Associate professor, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Associate professor of the Department of Metal-cutting equipment and transport systems, Kharkiv, Ukraine; e-mail: Andromeda862@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3032-8341.

**Кондратюк Олег Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри металоріжучого обладнання і транспортних систем, м. Харків, Україна; e-mail: mot@uipa.edu.ua; ORCID: 0000-0002-3263-0483.

**Кондратюк Олег Леонидович** – кандидат технических наук, доцент, Украинская инженерно-педагогическая академия, доцент кафедры металлорежущего оборудования и транспортных систем, г. Харьков, Украина; e-mail: mot@uipa.edu.ua; ORCID: 0000-0002-3263-0483.

**Kondratyuk Oleg** – PhD (Engineering), Associate professor, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Associate professor of the Department of Metal-cutting equipment and transport systems, Kharkiv, Ukraine; e-mail: mot@uipa.edu.ua; ORCID: 0000-0002-3263-0483.

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛІННЯ СКЛАДАЛЬНО-РІЗЬБОУТВОРЮЮЧИМ ПРОЦЕСОМ

**Предметом** дослідження в даній статті є питання, пов'язані з комплексним управлінням операціями зборки кріпильно-різьбоутворюючих елементів на всіх етапах їх здійснення. **Мета** – розробка узагальненої структури інформаційно-керуючої системи складально-різьбоутворюючим процесом. **Завдання:** обґрунтування принципів управління складально-різьбоутворюючі процесом на кожному з етапів реалізації збірки для підвищення ефективності даних операцій, досліджувати силові, точності і експлуатаційно-технічні характеристики з'єднань і зробити висновок про ефективність запропонованої теорії управління складанням. Отримані наступні **результати**. У статті представлені аналітичні залежності силових показників різьбоутворення при складанні в корпус і лист, в тому числі і зусилля затяжки з'єднання, проаналізовано збірка багат шарового пакета різнорідних листових матеріалів. На основі теоретичного аналізу отримано залежності силових показників різьбоутворення при складанні в корпусний і листовий матеріал. Досліджено збірку пакета листових матеріалів, включаючи багат шаровий пакет з різнорідних матеріалів типу "метал-пластмаса". **Висновки**. Досліджено процес складання різьбових з'єднань з використання принципів управління, які дозволяють підвищити ефективність складального процесу, знизити трудомісткість основних операцій, поліпшити якість одержуваних сполук. Для зниження крутять моментів запропоновано використовувати адаптивне управління швидкістю загвинчування на основних переходах різьбоутворення. Розроблено технологію отримання різьбових з'єднань із заданими властивостями, визначені основні шляхи підвищення ефективності складально-різьбоутворюючих процесів на основі комплексної системи управління складальним процесом.

**Ключові слова:** складання, кріпильні елементи, різьбоутворюючий процес, крутний момент.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ СБОРОЧНО-РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИМ ПРОЦЕССОМ

**Предметом** исследования в данной статье являются вопросы, связанные с комплексным управлением операциями сборки крепежно-резьбообразующих элементов на всех этапах их осуществления. **Цель** – разработка обобщенной структуры информационно-управляющей системы сборочно-резьбообразующим процессом. **Задачи:** обоснование принципов управления сборочно-резьбообразующим процессом на каждом из этапов реализации сборки для повышения эффективности данных операций, исследовать силовые, точностные и эксплуатационно-технические характеристики соединений и сделать вывод об эффективности предлагаемой теории управления сборкой. Получены следующие **результаты**. В статье представлены аналитические зависимости силовых показателей резьбообразования при сборке в корпус и лист, в том числе и усилие затяжки соединения, проанализирована сборка многослойного пакета разнородных листовых материалов. На основе теоретического анализа получены зависимости силовых показателей резьбообразования при сборке в корпусный и листовой материал. Исследована сборка пакета листовых материалов, включая многослойный пакет из разнородных материалов типа "металл-пластмасса". **Выводы**. Исследован процесс сборки резьбовых соединений с использованием принципов управления, которые позволяют повысить эффективность сборочного процесса, снизить трудоемкость основных операций, улучшить качество получаемых соединений. Для снижения крутящих моментов предложено использовать адаптивное управление скоростью завинчивания на основных переходах резьбообразования. Разработана технология получения резьбовых соединений с заданными свойствами, определены основные пути повышения эффективности сборочно-резьбообразующих процессов на основе комплексной системы управления сборочным процессом.

**Ключевые слова:** сборка, крепежные элементы, резьбообразующий процесс, крутящий момент.

S. SOTNIK, V. NEVLIUDOVA, I. MALAYA

## DEVELOPING THE INFORMATION SEARCH SYSTEM FOR SELECTING THE MOULDS FORMING ELEMENTS

Today the information environment is highly developed, it enables collecting, processing, storing, distributing, searching and transferring of information. The need for automation of information activities and information resources management at all levels stipulates the demand for the development of information search systems. The **subject** matter of this research is the information search system for selecting the moulds forming elements. The **aim** of this work is to reduce the time for searching and determining the main parameters of the matrices, punches and characters by means of creating the information search system for selecting the moulds forming elements. To achieve this goal the following **tasks** should be solved: to review the main moulds forming elements and their technical parameters; to develop a search algorithm; to develop the database structure for selecting the moulds forming elements; to design the interface of the information search system. While solving the set tasks, the methodology of the systems analysis and modelling was used. The review the main objectives and characteristics of information search systems **resulted** in the development of the database logical structure which consists of 6 tables. The interface of the information search system was developed. It provides the "easy" and self-explanatory selection of moulds forming elements. Thus, the developed system includes information about the unique number of the forming elements; their type, name and properties; material and features of the quality of a workpiece surface; a workpiece kind and form to determine the nominal dimensions of forming elements. The use of the system enables reducing the time of searching and identifying forming the key technical parameters of forming elements as well as storing and manipulating the data about these elements.

**Keywords:** selection, interface, information, search, system.

### Introduction

The amount of information is dramatically growing year to year, but its use seems problematic without a suitable tool. So, the information search systems (ISS) are created for fast storage, filtration, sorting and searching the large amounts of structured information.

The ISS consists of the database (DB) and the database management system (DMS). The relational databases (RDB) are the most widespread and represent a large number of the interdependent tables, each one containing information on particular objects.

Placing necessary information, the ISS minimizes a user's "efforts", which is the ISS main task. An "effort" is referred to as the time the user spends on all steps that lead to finding all necessary information (in particular, generation queries, executing queries, scanning the results of queries so that to select and give necessary "elements").

The success of the developed ISS is subjective as the information is not always pertinent, that is, the relevance of the received data to the user's information demands is significant.

Achieving the high degree of pertinence is the main field of the competitive activity of modern IPS.

In some cases, the necessary information can be determined as all information that the system relating to the user's demands contains.

In other cases, it can be defined as a sufficient amount of information in the system for performing tasks, searching for missing data.

The ISS that provides the search for information according to metadata requires less cost than the one that performs a complete search. In many cases, the completeness of the search is a negative feature, because a user is given more information than necessary as it contains the information which is not necessary although it is relevant in the context of the term "relevance" as it is defined within the terminology of the information search system, where this term is to denote an

Solving the problems associated with the information search in the field of moulding plastic parts by die-casting is of great practical importance. The rates of information growth are much faster than advances in the field of improving information search, therefore, the task of developing an information search system for selecting the moulds forming elements (MFE) is topical.

### The analysis of literature sources and problem statement

At present, many works deal with information systems, among which there are fundamental publications that are worth mentioning, for example, the works by Baeza-Yates R., Ribeiro-Neto B., Adarsh Garg, Christofer D. Manning, and others.

The works of Baeza-Yates R., Ribeiro-Neto B. describe all stages of the development of information search systems starting from system models for indexing text to the development of ISS with the use of visual tools; the features of the interface are considered. In [4], the information coverage and saturation are provided in such spheres as:

- the assessment of the search, languages and basic query operations;
- indexing and searching;
- parallel and distributed ISS;
- user interfaces, their visualization, and so on.

Adarsh Garg contributed greatly to the development of the ISS as software.

The engineering approach focuses on creating a model for assessing the development of small and medium-sized enterprises (SMEs) and developing ISS for them are considered in [5]. Information search systems must be efficient and flexible (adaptive), that is, can be modified in the process of changing the "global business scenarios" [5].

The web search and text classification and clustering are considered along with the classic search in [6]. The

work presents all the stages of designing and implementing systems for collecting, indexing and searching documents, methods for assessing such systems, as well as the introduction to machine learning methods on the basis of text collections.

The application of the statistical language of the model to obtain information emphasizing the basic principles of searching is analyzed in [7]. Efficient language models developed for non-traditional search problems are considered as well.

The issues concerning the principles, methods and concepts of the creation of the ISS are considered in [8]. The foundations of the operation of automated information search systems are given. The composition and structure of automated information search systems are analyzed. The structure and properties of information retrieval languages are examined in full.

The main attention is paid to the introduction into the theory and practice of information search in [9]. The basic concepts of information search are considered. The information search on the Internet was investigated. The languages of ISS queries are described.

### The goal and objectives of the research

The conducted research showed that the developed information search system for selecting moulding forming elements suggests arranging the search, storage and processing information on forming elements in the common information space that enables making coordinated decisions in real time.

The goal of the work is to shorten the time for searching and determining the main technical parameters of matrices and punches due to the creation of an ISS for selecting forming elements.

To achieve this goal it is necessary:

- to review the main MFEs and to review their technical parameters;
- to develop an algorithm for MFE searching;
- to develop a database structure (DB) for selecting forming elements;
- to develop an interface for the information search system.

### Development of the information search system for selecting moulds forming elements

In order to obtain information stored in the memory of the given ISS, a query should be raised according to the rules the given ISS “understands”. In turn, when

answering the request, the ISS should provide information corresponding to the semantic content of the request.

The ISS should be oriented towards a certain criterion of the semantic correspondence so that the issued documents correspond to the requests.

The process of ISS operation includes releasing information according to queries and updating the main arrays of work and service information.

Information arrays should be updated if and when new data on MFE or any information that is to be recorded by this IPS are received.

#### 1. Database structure development

The structure of the database includes a logical and physical model.

A logical model can be represented in several ways. A tabular method (data structuring) is considered in this work. This method consists of presenting information about a domain in the form of one or several tables. Also, the links that show how the tables are interconnected (ER-models) are considered.

While creating ER-models, the database structure is presented as a diagram called an entity-relationship diagram (or ER-diagram).

The construction of the ER-diagram starts with the definition of the entity as the object “that can be clearly identified”.

Any ER-diagram has an equivalent relational table, and any relational table has an equivalent ER-diagram.

ER-diagram is an invaluable tool for engineers for designing, optimizing and debugging database programs.

The entities are logically equivalent to grammatical nouns, such as matrix forming elements, a punch.

A subject can be determined by its properties called attributes.

The relationships are equivalent to verbs or associations such as buying, repairing.

Relationships can be determined according to a number of entities associated with them and known as a type or a degree. There are 3 types of such varieties:

- one-to-one (1: 1);
- one-to-many (1: M or 1: ∞);
- many-to-many (M: M).

Fig. 1 presents the generalized ER-model of the developed ISS.

The generalized ER model consists of six entities (tables). Each entity (table) has attributes (columns). The attributes present particular characteristics of the elements.

Having analyzed subject domain and having considered main functions of the developed software product, the following entities presented in table 1 can be distinguished.

**Table 1.** Entities and their attributes

The entity name	Description
SDET	ID_DET, ID_MAT_DET, NAME_DET, TYPE_DET, VIEW_DET, SV_DET, KPOV_DET
SDOPUSK_DET	ID_DOP_DET, ID_DET, GRUPA_TOCHN, NOM_RAZMER, KAT_TOCHN
SMAT	ID_MAT_DET, ID_DET, NAME_MAT_DET, MARKA_MAT_DET
SLF	ID_LIT_FORM, ID_MAT_DET, ID_MAT_LIT_FORM, NAME_LIT_FORM, TYPE_DET_LIT_FORM, VIEW_DET_LIT_FORM
SMAT_LIT_FORM	ID_MAT_LIT_FORM, ID_LIT_FORM, NAME_MAT_LIT_FORM, MARKA_MAT_DET, TVERD_LIT_FORM
SDOPUSK_DET_LIT_FORM	ID_DOP_DET_LIT, ID_LIT_FORM, KVALITET_DET, TYPE_DET

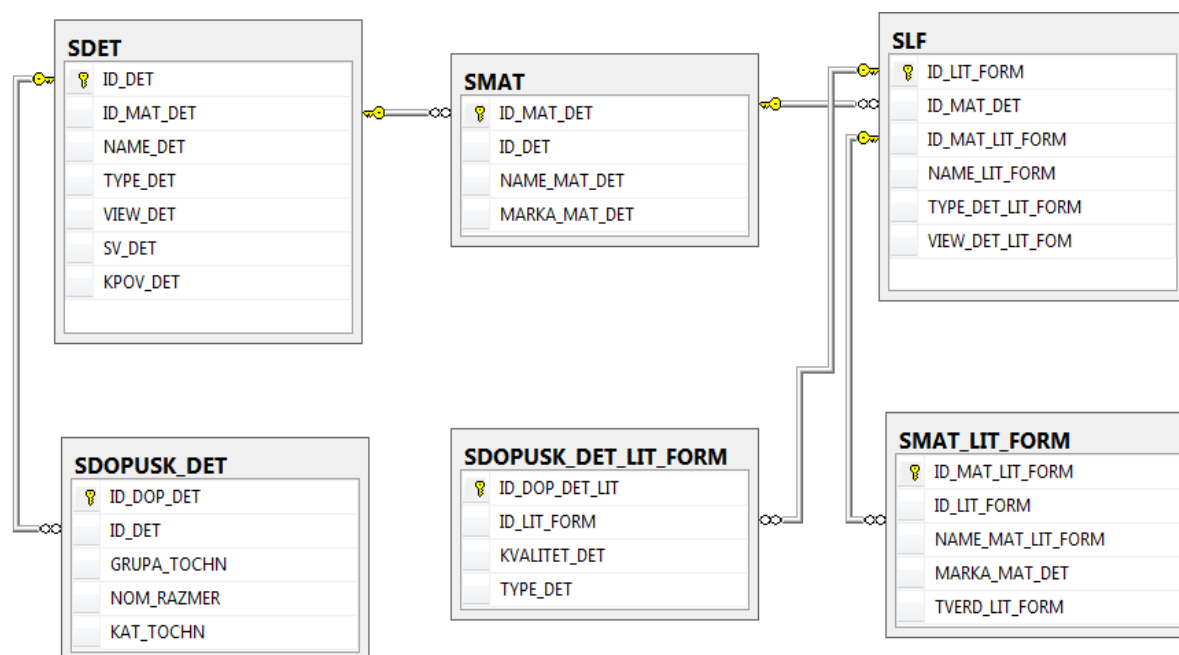


Fig. 1. Generalized ER model of the developed ISS

The description of links among the subject domain entities is presented in table 2.

Table 2. Links among the subject domain entities

Entity 1	Attribute 1	Relations	Entity 2	Attribute 2
SDET	ID_DET	1 : ∞	SDOPUSK_DET	ID_DET
SDET	ID_DET	1 : ∞	SMAT	ID_DET
SMAT	ID_MAT_DET	1 : ∞	SLF	ID_MAT_DET
SLF	ID_MAT_LIT_FORM	1 : ∞	SMAT_LIT_FORM	ID_MAT_LIT_FORM
SLF	ID_LIT_FORM	1 : ∞	SDOPUSK_DET_LIT_FORM	ID_LIT_FORM

### Physical DB model development.

The tables in the physical data model contain certain columns, as well as the necessary keys and indexes. The physical data model also contains table mappings to physical storage units (table spaces) in the database.

For example, the name of the SDET table indicates the properties of the parts. ID\_DET is a unique part number. It is assigned automatically in increments of 1 (that is, incremental).

ID\_DET is of int type (abbreviated “integer”), that is it is an integer data type. Also, ID\_DET is the primary key (or PK) of the SDET entity.

ID\_MAT\_DET is the unique number of the part material. It has an integer data type and is auto-increment.

NAME\_DET is the name of an element, for example, the forming element. It is of the nvarchar (50) type so that a user is able to use Cyrillic for filling. The field size is equal to 50, that is, the length of the part name may contain up to 50 symbols including gaps.

TYPE\_DET is a type of the forming element (a matrix or a punch). It is also of the nvarchar (50) type.

VIEW\_DET is of a binary data type. It enables keeping the pictures of the parts in the database and to review them when necessary.

SV\_DET is an attribute which describes the properties of a part, for example, the composite matrix or a punch of a single profile.

KPOV\_DET is the hardness of an element, this attribute is of an integer type. The matrixes of a single profile and moulds punches for plastics are made of U8 and U8A steels and hardened up to 50-54 HRC.

Complex matrixes are made of steels XBГ, 9XBГ, X12Ф, 5XHB. These materials are slightly deformed when heated, they are hardened to 48-52 HRQ. If the mould matrixes moulds for plastics work under very difficult conditions, they are made of high alloyed steels 38XBΦIOA or 35XIOA. The parts made of these materials are nitrated. The SV\_DET attribute is of a nvarchar (50) type.

KPOV\_DET is the surface quality, in this case, it is the hardness of the element. This attribute is of an integer type.

The table name SDOPUSK\_DET means the properties of the parts tolerance. ID\_DOP\_DET is a unique number of the parts tolerance. It is assigned automatically in increments of 1 (incremental).

The table name SMAT means the material properties. ID\_MAT\_DET is a unique number of the part material. It is assigned automatically in increments of 1 (incremental).

The table name SLF means the mould properties. ID\_LIT\_FORM is a number of the part moulds. It is assigned automatically in increments of 1 (incremental) and is a primary key for this table.

The table name SMAT\_LIT\_FORM means the properties of the mould material.

ID\_MAT\_LIT\_FORM is a unique number of the mould material. It is assigned automatically in increments of 1 (incremental) and is a primary key for this table. This attribute is of an integer data type.

The table SDOPUSK\_DET\_LIT\_FORM means the properties of the mould parts tolerance.

ID\_DOP\_DET\_LIT is a primary key of an integer data type. This attribute means a unique number of the tolerance of the mould part.

More detailed description of a logical and physical DB model is given in [11].

In this work, the SQL Server Management Studio environment is selected as DMS, as it has a high degree of efficiency, fault tolerance, and processing speed even in the context of maximum load in a multi-user mode of operation.

The Transact-SQL language is used for data manipulation.

## 2. The ISS interface development.

The powerful C # framework library is useful for creating different types of applications.

Web services and other kinds of components can be easily developed [12, 13]. Saving and retrieving information from the database and other data stores is sufficient. The implementation that combines the construction of reliable and efficient code is a very important factor in the success of C #. Therefore, C # is chosen to implement the IPS interface.

To start the program, the left mouse button should be clicked twice on the shortcut labelled Program.exe. After that, the main program window opens. The main window of the program is shown in fig. 3.

In this window, a user has the opportunity to view the main characteristics of the mould forming elements, that is, the matrix and punch (Fig. 2). You can also see a picture with the image of the selected item. Each forming element has the following characteristics:

- MFE unique number;
- MFE ID;
- MFE type and name;
- MFE properties;
- MFE hardness.

The user is able to select any record from the base. The possibility of the data selection from the DB is presented in fig. 3.

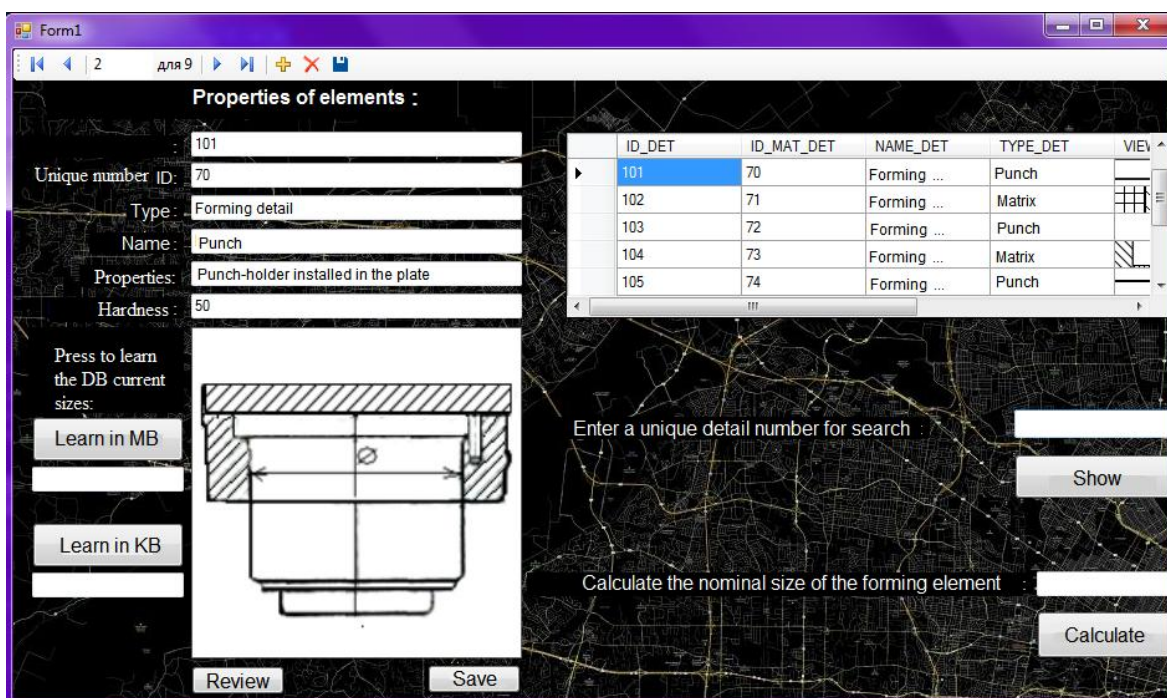


Fig. 2. Main window of the ISS

ID_DET	ID_MAT_DET	NAME_DET	TYPE_DET	VIEW
101	70	Forming ...	Punch	
102	71	Forming ...	Matrix	
103	72	Forming ...	Punch	
104	73	Forming ...	Matrix	
105	74	Forming ...	Punch	

Fig. 3. The possibility of the MFE selection from the database

The user can add entries to the database. It is only necessary to fill obligatory fields, such as a unique number and ID, and leave the others empty. The program enables adding a unique picture to each record. It is only

necessary to press the left mouse button once on the "Browse" button and select the necessary picture. The picture selection is represented in fig. 4.

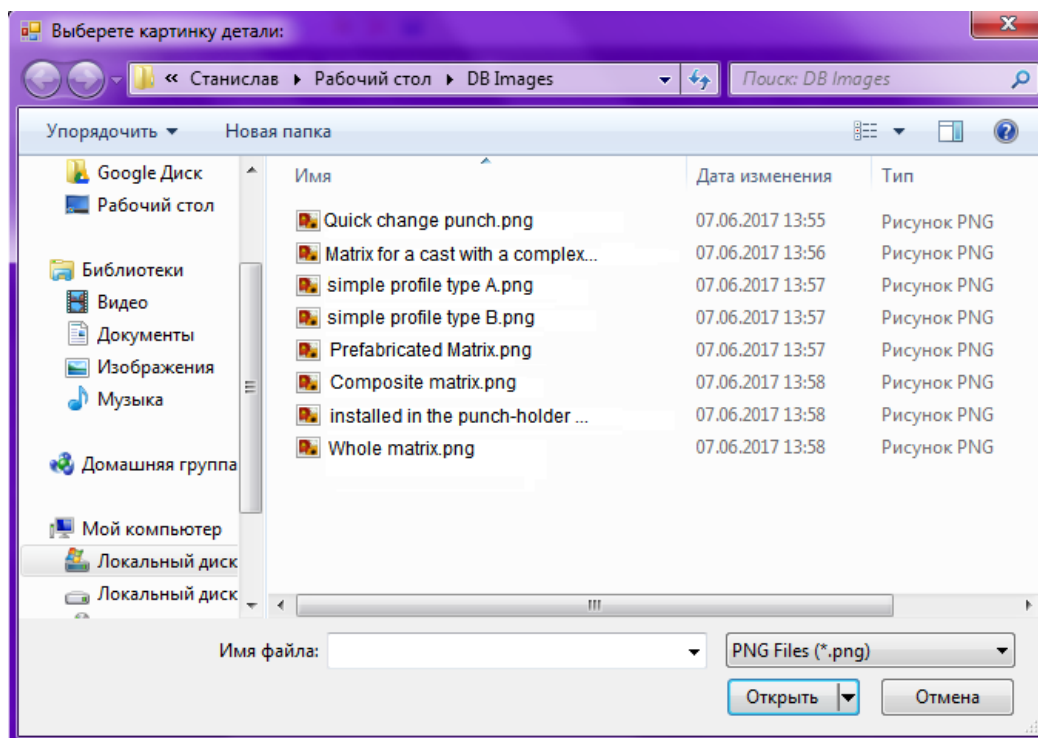


Fig. 4. Choice of the FOE image

### The discussion of results

To test the obtained results and the adequacy of the suggested ISS, the software reliability is calculated.

The probability of trouble-free operation  $P(t)$  is the probability that the system failure cannot arise within the given operating time [12].

$$P(t) = 1 - Q/N, \quad (1)$$

where  $Q$  is a number of the registered failures;  
 $N$  is a number of experiments.

The probability of failure is a probability that the system failure can arise within the given operating time. This index is reverse to the previous one.

$$Q(t) = 1 - P(t), \quad (2)$$

where  $t$  is the operating time;

$Q(t)$  is a probability of failure.

The system failure rate is a conditional density of failure at a given time provided that until this time the failure has not arisen [12].

$$\lambda(t) = f(t) / P(t), \quad (3)$$

where  $f(t)$  is the failure frequency;

$P(t)$  is the probability of trouble-free operation.

The average time between failures is the expectation of operating time till the next failure [12].

$$Ti = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt. \quad (4)$$

Using the known relationship among  $f(t)$ ,  $Q(t)$  and  $P(t)$ , the following equation is received:

$$Ti = \int_0^{\infty} t \cdot Q(t) dt. \quad (5)$$

The key indicators of the software reliability are presented in table 3.

Table 3. Calculations of reliability indexes

A number of experiments	50
The time for completing one experiment	300 sec.
A number of failures	1
The probability of trouble-free operation $P(t)$	98 10 <sup>-1</sup>
The probability of failure $Q(t)$	2 10 <sup>-2</sup>
System failure rate $\lambda(t)$	64 10 <sup>-3</sup>
Average time between failures $Ti$	126 10 <sup>3</sup> sec.

The advantage of the developed system lies in the fact that one of the most important functions of the program is the function of calculating the nominal size of the forming element. To do this, a user must select any entry in the database, and then click on the "Calculate" button. After that, the nominal size of the selected item appears in the text field.

Unlike the available systems, the developed system takes into account the quality of the MFE surface, as the MFE can be visualized.

The developed information search system for selecting the mould forming elements can be used for producing mould elements to manufacture thermoplastic parts of radio electronic equipment.

In the future, the suggested system will be improved by calculating the shrinkage.

## Conclusion

The information search system is suggested whose main purpose is selecting and calculating moulds forming elements. The developed software reduces the efforts for searching and determining the significant parameters of the forming elements.

The logical and physical structure of the database is developed. The paper presents the generalized ER-model of the IPS that contains 6 tables.

The suggested development enables storing, processing, adding and removing matrices, punches, forming signs.

The developed interface of the information search system provides the "easy" and intuitive selecting the elements of the process of part forming.

## References

1. Nevlyudov, I. Sh., Andrushevich, A. A., Sotnik, S. V., Frolov, A. V. (2015), *Tekhnologii informacijnno-poshukovih sistem*. Kiiiv: NAU. 336 p.
2. Kamar, M. R. (2009), *Injection molding: Technology and fundamentals*. Munich. Cincinnati: Hanser. 926 p.
3. Croft, W. B. (2015), *Search Engines Information Retrieval in Practice*. Pearson Education, Inc. 512 p.
4. Baeza-Yates, R. (1999), *Information retrieval*. New York: ACM/Addison-Wesley. ACM Press. 517 p.
5. Garg, A. (2010), *Information Systems Development*. LAP Lambert Academic Publishing. 180 p.
6. Manning, Ch. D. (2008), *Introduction to Information Retrieval*. 504 p.
7. Zhai, C. (2009), *Statistical Language Models for Information Retrieval*. Morgan & Claypool. 213 p.
8. Burceva, E. V. (2009), *Informacionnye sistemy*. Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta. 128 p.
9. Visser, Dzh. (2017), *Razrabotka obsluzhivaemyh programm na yazyke C#*. Moscow: DMK Press. 192 p.
10. Chowdhury, G. G. (2010), *Introduction to modern information retrieval*. Facet publishing.
11. Nevlyudov, I. Sh. (2017), "Razrabotka bazy dannyh vybora ehlementov sistemy oformlyayushchih detalej". *Tekhnologiya priborostroeniya*. No. 3. P. 38-42.
12. Sharp, D. (2017), *Microsoft Visual C#. Podrobnoe rukovodstvo*. Piter. 848 p.
13. Mukhopadhyay, N. (2000), *Probability and Statistical Inference*. CRC Press. 690 p.

Received 21.09.2017

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

**Сотник Світлана Вікторівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна; e-mail: svetlana.sotnik@nure.ua; ORCID: 0000-0002-6035-2388.

**Сотник Светлана Викторовна** – кандидат технических наук, доцент кафедра компьютерно-интегрированных технологий, автоматизации и мехатроники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков, Украина, e-mail: svetlana.sotnik@nure.ua; ORCID: 0000-0002-6035-2388.

**Sotnik Svetlana** – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor of Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Mechatronics, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkov, Ukraine, e-mail: svetlana.sotnik@nure.ua; ORCID: 0000-0002-6035-2388.

**Невлюдова Вікторія Валеріївна** – кандидат технічних наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, старший викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, м. Харків, Україна; e-mail: d\_tapr@nure.ua. ORCID: 0000-0002-1158-5089.

**Невлюдова Виктория Валерьевна** – кандидат технических наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, старший преподаватель кафедры компьютерно-интегрированных технологий, автоматизации и мехатроники, г. Харьков, Украина; e-mail: d\_tapr@nure.ua. ORCID: 0000-0002-1158-5089.

**Nevliudova Viktoriia** – PhD (Engineering), Kharkiv National University of Radioelectronics, Senior Lecturer of the Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Mechatronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: d\_tapr@nure.ua, ORCID: 0000-0002-1158-5089.

**Мала Інна Олександрівна** – Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості", інженер, м. Харків, Україна; e-mail: yuzhgap\_nio@i.ua; ORCID: 0000-0002-4307-8102.

**Малая Инна Александровна** – Государственное предприятие "Южный государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности", инженер, г. Харьков, Украина; e-mail: yuzhgap\_nio@i.ua; ORCID: 0000-0002-4307-8102.

**Malaya Inna** – State Enterprise "Southern National Design & Research Institute of Aerospace Industries", Engineer, Kharkiv, Ukraine; e-mail: yuzhgap\_nio@i.ua; ORCID: 0000-0002-4307-8102.

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ПОШУКОВОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ ФОРМУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВИЛИВНИХ ФОРМ

На сьогоднішній день набув широкого розвитку інформаційний простір, завдяки якому можна реалізувати збір, обробку, зберігання, поширення, пошук і передачу інформації. Необхідність в автоматизації інформаційної діяльності та управління інформаційними ресурсами на всіх рівнях обумовлює потребу в розробці інформаційно-пошукових систем. **Предметом** даного дослідження є інформаційно-пошукова система вибору формуючих елементів виливних форм. **Метою** даної роботи є скорочення часу пошуку та визначення основних матриць, пуансонів і знаків за рахунок створення інформаційно-пошукової системи для вибору формуючих елементів. Для досягнення поставленої мети необхідне вирішення наступних **завдань**: провести огляд основних формуючих елементів виливних форм і їх технічних параметрів; розробити алгоритм пошуку; розробити структуру бази даних для вибору формуючих елементів; розробити інтерфейс інформаційно-пошукової системи. При вирішенні поставлених завдань була використана методологія системного аналізу та моделювання. В **результаті** проведеного огляду основних завдань і характеристик інформаційно-пошукових систем розроблена логічна структура бази даних, що складається з 6 таблиць. Розроблено інтерфейс інформаційно-пошукової системи, який забезпечує "легкий" і інтуїтивно зрозумілий вибір елементів процесу формоутворення деталі. Таким чином, розроблена система включає в себе інформацію про унікальний номер формуючих елементів; їх тип і назву, властивості; матеріал і особливості якості поверхні деталі; вид деталі і форми для визначення номінальних розмірів формуючих елементів. Використання системи дозволяє скоротити час пошуку і визначення основних технічних параметрів формуючих елементів; зберігання, маніпулювання даними про елементи.

**Ключові слова:** вибір, інтерфейс, інформація, пошук, система

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ФОРМУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ

На сегодняшний день получило широкое развитие информационное пространство, посредством которого можно реализовать сбор, обработку, хранение, распространение, поиск и передачу информации. Необходимость в автоматизации информационной деятельности и управления информационными ресурсами на всех уровнях обуславливает потребность в разработке информационно-поисковых систем. **Предметом** данного исследования является информационно-поисковая система выбора формующих элементов литевых форм. **Целью** данной работы является сокращение времени поиска и определения основных параметров матриц, пуансонов и знаков за счет создания информационно-поисковой системы для выбора формующих элементов. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующие **задач**: провести обзор основных формующих элементов литевых форм и их технических параметров; разработать алгоритм поиска; разработать структуру базы данных для выбора формующих элементов; разработать интерфейс информационно-поисковой системы. При решении поставленных задач была использована методология системного анализа и моделирования. В **результате** проведенного обзора основных задач и характеристик информационно-поисковых систем разработана логическая структура базы данных, состоящая из 6 таблиц. Разработан интерфейс информационно-поисковой системы, который обеспечивает "легкий" и интуитивно понятный выбор элементов процесса формообразования детали. Таким образом, разработанная система включает в себя информацию об уникальном номере формующих элементов; их тип и название, свойства; материал и особенности качества поверхности детали; вид детали и формы для определения номинальных размеров оформляющих элементов. Использование системы позволяет сократить время поиска и определения основных технических параметров формующих элементов; хранение, манипулирование данными об элементах.

**Ключевые слова:** выбор, интерфейс, информация, поиск, система

S. YAKUBOVSKA, O. VYSOTSKA, V. TIMOFEEV

## MATHEMATICAL SUPPORT OF THE INTELLIGENT INFORMATION SYSTEM OF ASSESSING THE OBJECT STATE

At present, information technologies (IT) are intensively used all over the world in various sectors, and today medical institutions cannot do without them when organizing the process of medical diagnostic. The IT efficiency is determined by the degree of their intellectualization that is by including knowledge bases as their component and by the transition from data processing to the processing of knowledge. The efficiency of making decisions in various areas of activity is determined by the quality and quick delivery of information. Medicine constitutes no exception in this sense. The advanced level of computer technology, applied tools, diagnostics on the basis of automated systems of decision support made it possible to solve the tasks of assessing the state of the object at a qualitatively new level. The **subject** matter of this study is to ensure the mathematical support of the intelligent information system (IS) of assessing the state of the object. The **object** is understood as a patient who came through a myocardial infarction (MI). The **goal** of the study is to develop mathematical support of the intelligent IS of assessing and predicting a patient's condition. To achieve the stated goal, the following **tasks** were solved: statistically valid and uncorrelated signs were specified; these signs enable distinguishing the group of patients who survived from those who died, "decisive rules" were formulated for predicting the MI clinical outcome. In the process of the study, the mathematical IT of assessing the state of the object was developed. The following **result** was obtained: the suggested mathematical models for predicting the outcome of myocardial infarction that were developed with the use of the method of discriminant function and took into account human blood values can prevent sudden coronary death and improve the diagnostic efficiency. **Conclusions.** Mathematical models were developed to predict the state of the object in the event of uncertainty. The use of the developed mathematical models enables improving the accuracy of predicting the state of the object in a real-time environment and in the early stages of the disease development by 4.2% and 10%, and applying adequate preventive and therapeutic and rehabilitation measures in time as well as preventing sudden coronary death. The developed mathematical models were tested.

**Keywords:** mathematical support, information system, myocardial infarction, prediction model.

### Introduction

At present, IT is intensively used around the world in various sectors, and today medical institutions cannot do without them when organizing the process of diagnostic and treatment. The IT efficiency is determined by the degree of their intellectualization, that is by including knowledge bases as their component and by the transition from data processing to the processing of knowledge.

The effectiveness of decision-making in various areas of activity is determined by the quality and speed of the information received. Medicine in this sense is no exception. The increased level of computer technology, the tools used, the construction of diagnostic systems on the basis of automated decision support systems made it possible to solve problems of determining the state of the object at a qualitatively new level.

The efficiency of making decisions in various areas of activity is determined by the quality and quick delivery of information. Medicine constitutes no exception in this sense. The advanced level of computer technology, applied tools, diagnostics on the basis of automated systems of decision support made it possible to solve the tasks of assessing the state of the object at a qualitatively new level.

Since the decisions making process is weakly formalized, the development of intelligent information systems is of vital importance and the experience of specialists on the basis of expert assessment should be used which will enable building a distributed information system (IS) that allow a great number of people who often do not have enough experience to perform diagnosis.

The need to solve the problem in real time and the limitations associated with a rapid change in a patient's condition, insufficient medical qualification and lack of

reliable information regarding the values of the monitored state parameters characterize the process under investigation.

Thus, the task of developing an information intellectual system for diagnosing a patient's condition with myocardial infarction (MI) functioning in real time is very important.

### Analysis of literary sources and problem setting

At present, in connection with the society information support, the problem of developing object-oriented IS becomes particularly urgent [1–4]. Modern IS have such properties as adaptability, complexity, divisibility, integrability, and the degree of structure. Any IT is designed to collecting, storing, and processing information, and the use of data bases, knowledge bases, data base management systems (DBMS) and knowledge base management systems, mathematical models and the methods of prediction and so on should be used for its operation [5–7].

Medicine and medical diagnostics are the subject areas of IT application [8–14].

Among the developments in this field, the IS of dynamic monitoring for diagnosing cardiovascular diseases called "CardioVita" is known [15], this system allows a physician to choose different types of analysis (statistical, correlation, dispersion, regression) independently, depending on their purposes and tasks. Also, the system for diagnosing the cardiovascular system of a patient was developed using the MI as the example, this system is based on the mathematical apparatus of fuzzy logic [16]. The diagnosis is made with the help of the production model of knowledge representation, which enables reducing the time to find a disease. The

disadvantage of these systems is the inability to determine the development of post-infarction syndrome in patients with MI.

According to the main classification of methods for forecasting systems and processes, suggested by T.A. Dubrovaya, three main classes are distinguished: expert, deterministic and stochastic methods [17]. The expert methods involve the multistage survey of experts according to special questionnaires and the processing of the results obtained. The disadvantages of these methods are the complexity of the organization of the expert evaluation, the impact of official relationships; besides, there may be the ambiguity and insufficient validity of individual decisions. Deterministic methods presuppose the existence of functional or rigidly deterministic connections when a completely certain non-random value of the effective attribute corresponds to each value of the factor attribute. These methods involve establishing a strictly defined functional relationship among the indices.

Since medical problems are usually related to semistructured or unstructured tasks, labour-intensive probabilistic-statistical methods or heuristic procedures, that is fuzzy sets, neural networks, expert methods, and so on prevail among the methods used in solving medical problems.

At present, probabilistic methods based on the Bayesian approach are widely used for solving diagnostic and prognostic problems in medicine. These methods are also successfully used to identify a number of cardiac diseases. However, this group of methods is sensitive to the form of the presentation of diagnostic information, and the use of the strategy of diagnosing on the basis of this approach does not enable preventing a sudden coronary death and determining the critical period after the old myocardial infarction, which reduces the quality of further therapeutic and preventive activities. The sequential Wald analysis is hyposensitive to the form of representation of signs. It is close to probabilistic methods on a mathematical basis and represents a consistent procedure of examination, where the chosen level of probability of a diagnosis or a prediction is achieved according to the results of the evaluation of qualitative and quantitative indicators. The disadvantage of this type of analysis is the inability to determine the further development of the disease.

The logical-and-probabilistic algorithm is also widely used in MI prediction systems which uses the value of the conditional probability of the manifestation of signs (clinical instrumental or clinical laboratory) that are typical for a disease and its a priori probability, which ensures the recognition of diseases according to matrix tables that contain a set of diagnoses or clinical outcomes. The disadvantage of this algorithm lies in the fact that only stochastic information is taken into consideration and that there is no possibility to determine the outcome of the disease by the available actual quantitative and qualitative indicators, which reduces the accuracy of predicting the outcome of the myocardial infarction.

There are the methods for predicting MI that take into account the process position and the degree of the lesion on the basis of the operation of multilayer fully connected neural network with the forward signal

propagation and nonlinear activation functions. The instability during the operation with data obtained from different regions and the sensibility to the form of their representation can be considered as their disadvantages.

A number of ideas show the practicability of using probabilistic statistical methods in medical research: in most cases medical data are not accurate, therefore they can be considered as random variables that are subject to certain distribution laws; the patient's condition is affected by a large number of factors that have a random character; the prognosis of the patient's condition can only be probabilistic.

The human body is an open system affected by various external factors and the processes that occur in the body are partly probabilistic in nature and the change in the body's homeostasis is also of a probabilistic nature. The adequate description of such processes is achieved through the use of statistical methods that are based on accumulated information on the investigated indicators and give a probabilistic estimate of the prediction of their change.

There are many situations in which it would be highly desirable to determine the probability of a result depending on the set of variables being measured, in particular, in predicting the fatal outcome of the myocardial infarction.

Two common features are typical for similar cases: first, for many subjects, there is information about their belonging to a particular group; secondly, each subject may have additional information to create a model for predicting the subject's belonging to a particular group.

The indicators obtained as a result of expensive and long-term immunological studies are used as the factors determining the possibility of predicting the outcome, as well as functional studies such as coronary angiography. However, these methods do not enable predicting the outcome in the shortest possible time and making a timely decision on the course of treatment [19]. Therefore, one of the statistical methods for determining the belonging of the investigated object to two or more disjoint groups has recently become the discriminant analysis, on the basis of which the clinical outcome of a process can be predicted.

The discriminant analysis is similar to the cluster analysis. However, in the cluster analysis objects are classified on the basis of their differences without any preliminary estimation of the number and composition of classes, which further reduces the accuracy of predicting the belonging of an object to a particular group [18].

Like most statistical methods, the discriminant analysis is based on the formulation of a regression equation that is derived on the basis of the objects whose group membership is known, which enables selecting the coefficients of regressors in the most accurate way. After the regression equation has been derived, it can be used to predict the behaviour of objects.

---

### **The goal and objectives of the research**

---

The goal of the study is to develop the mathematical support of the IS of the assessment of the object's state, which enables predicting the threat of fatal outcome by blood tests as soon as possible, which is especially

---

important in the acute and the acutest periods of the disease.

To achieve this goal, the following tasks should be solved:

- to identify statistically significant and uncorrelated characteristics that distinguish the patients who survived from those who died;

- to formulate "decisive rules" for predicting the MI outcome.

### The development of mathematical support of predicting a patient's status

To develop the mathematical support of the IS of predicting the object' state, the following task was considered.

Let the attribute space  $X = x_{ij}$  is set, its elements are the vectors of the states of individual patients with the anterior or posterior MI, where  $i$  is the patient's serial number  $i = \overline{1...n}$ . The vector  $x_i = x_{ij}$  that describes the state of each patient consist of  $n$  elements that contain the values of clinical anamnestic and laboratory signs of this patient, where  $j$  is the serial number of the sign,  $j = \overline{1...m}$ .

Each patient belongs to one of two subsets of the set  $Y = y_1, y_2$ . The subset  $y_1$  comprises the patients who came through the MI. The subset  $y_2$  comprises the patients who died of the MI. Then, to determine the probability of the affiliation of the  $i$ th patient to one subset of the set  $\kappa Y$  the pattern of the function should be determined:  $y_i = f(x_{ij})$ ;  $x_i \in y_1$  if  $F_{1i} > F_{2i}$ ,  $x_i \in y_2$  if  $F_{3i} > F_{4i}$ .

To develop the mathematical support of the IS, a set of formal decisive rules should be determined, which enables predicting the clinical outcome for a patient with the anterior or posterior MI who has random values  $x$  from  $X$ .

The data of 649 patients were analyzed to build mathematical models for predicting the clinical outcome of the patients with the anterior or posterior MI.

**Determining the indicators predicted as significant.** As a result of calculations using the discriminant function method, 23 informative signs

$$F1 = -158.421 - 3.399 * X1 + 10.549 * X2 + 2.17 * X3 + 4.145 * X4 - 0.991 * X5 + 1.383 * X6 + 1.742 * X7 + 1.261 * X8 + 1.474 * X9 + 0.688 * X10 + 1.053 * X11 + 0.264 * X12 + 0.352 * X13 + 0.967 * X14 + 0.04126 * X15 + 0.02703 * X16 \quad (6)$$

$$F2 = -151.647 - 3.143 * X1 + 13.656 * X2 + 5.822 * X3 + 5.372 * X4 - 0.387 * X5 + 1.163 * X6 + 2.015 * X7 + 0.97 * X8 + 1.47 * X9 + 0.726 * X10 + 0.802 * X11 + 0.183 * X12 + 0.666 * X13 + 0.852 * X14 - 0.0839 * X15 + 0.01247 * X16 \quad (7)$$

where  $X_1 - X_{16}$  are informative coefficients that affect the prediction.

Consequently, determining the clinical outcome in the patients with the anterior MI is described with the following discriminant functions:

characterizing the patient's condition were identified from 34 investigated indicators. The objects can be divided into the selected groups according to the values of the discriminant function with the appropriate accuracy. For this, the canonical coefficients  $b_{ik}$  and  $b_{ok}$  of discriminant functions are determined according to the formulas

$$b_{ik} = v_{ik} \sqrt{n - g} \quad (2)$$

$$b_{ok} = - \sum_{i=1}^p b_{ik} \bar{x}_i \quad (3)$$

where  $n$  is the general number of observations in all groups (the patients with the fatal outcome and the patients who came through the anterior or posterior MI);

$g$  is a number of groups (2 groups of patients with the posterior MI / 2 groups of patients with the anterior MI);

$\bar{x}_i$  is the mean variable value  $i$  in all classes (general mean);

$v_{ik}$  is the latent vector of the discriminant function.

Usually, in similar cases, the linear regression models are used as computationally simplest ones. To assess the model coefficients, the least square method (LSM) was used, and the computational procedure is as follows:

$$\hat{A} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (4)$$

However, according to the specificity of the controlled process, LSM prerequisites are often violated, which leads to the multicollinearity. In this case, the task has the degenerate solution. To cope with this factor, the regularized procedure was used:

$$\hat{A} = (X^T X - \alpha I)^{-1} X^T Y, \quad (5)$$

where  $I$  is the unit matrix,

$\alpha$  is the parameter of regularization (predetermined number).

Using the above model enabled obtaining the following relationships that determine the outcome of the disease in patients with the posterior myocardial infarction:

$$F_3 = 4,973 * X_1 + 0,4 * X_2 + 0,184 * X_3 + 3,532 * X_4 + 0,04 * X_5 + 4,998 * X_6 + 0,554 * X_7 - 23,144 \quad (8)$$

$$F_4 = 4,891 * X_1 + 1,36 * X_2 + 0,013 * X_3 + 3,843 * X_4 - 0,0327 * X_5 + 0,747 * X_6 + 1,282 * X_7 - 27,860 \quad (9)$$

where  $X_1 - X_7$  are informative variables that affect the prediction.

To confirm the statistical value of the obtained discriminant functions of assessing the state of a patient with the anterior or posterior MI, Wilkes  $\lambda$ - statistic is used, which is calculated according to the following formula:

$$\lambda_i^* = \prod_{i=k+1}^g \frac{1}{1 + \lambda_i}; \quad (10)$$

where  $k$  is a number of calculated functions.

Wilkes  $\lambda$ -statistic is the measure of differences among the classes according to several variables (discriminant variables). The nearer  $\lambda$  is to 0, the better is the difference among the classes, and the nearer  $\lambda$  is to 1, the worse is the difference (the classes coincide). For the patients with the posterior myocardial infarction  $\lambda=0,021$ , for the patients with the anterior myocardial infarction  $\lambda=0,406$ .

To determine the separative power and significance of the discriminant function, the coefficients of canonical correlation are determined according to the formula:

$$r_i = \sqrt{\frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i}}; \quad (11)$$

where  $i$  is the number of the corresponding discriminant function;  $\lambda_i$  is the latent root.

The procedure for assessing the state of the object involves predicting: the obtained values of the variables F1 and F2 are compared and if  $F1 > F2$  with the accuracy of 91.5% it can be interpreted that the patient with the posterior IM will come through the disease, and if  $F2 > F1$  – the patient will die. If  $F3 > F4$  with the accuracy of 92.3%, it can be interpreted that a patient with the anterior IM will come through the disease, and is  $F4 > F3$  – the patient will die.

### Discussing the results of the mathematical support of the information system of assessing the object's state

The estimation of the quality of the developed regression models (6–9) for the information system of assessing the object's state is presented in table 1.

**Table 1.** Assessing the results of modelling (the adequacy and the quality of the models for predicting the clinical outcome of the patients with posterior and anterior MI)

MI localization	The coefficient of the canonical correlation, $r_i$	Wilkes $\lambda$	$\chi^2$	Significance, $p$
Anterior myocardial infraction ( $N = 229$ )	0,871	0,406	105,405	0,0013
Posterior myocardial infraction ( $N = 193$ )	0,990	0,021	13,762	0,0001

The more the value  $r_i$ , the better separating power of the discriminant function. For the patients with the posterior MI  $r_i = 0,990$ ; for the patients with the anterior MI  $r_i = 0,871$ .

The results of checking the models for predicting the clinical outcome of anterior and posterior myocardial

infractions are given in Tables 2, 3 ( $n_1$  is a number of patients in groups пациентов в группах “prototype model”, “training set” и “test set” that are classified as true;  $n_2$  – is a number of patients that are classified as false (according to the group).

**Table 2.** Assessing the accuracy of determining the clinical outcome of patients with the anterior MI

Study group	A number of patients with the anterior MI ( $N=382$ )					
	The prototype model ( $N=382$ )		The developed model ( $N=382$ )			
			Training set ( $N=229$ )		Test set ( $N=153$ )	
	$n_1$	$n_2$	$n_1$	$n_2$	$n_1$	$n_2$
Group 1 (fatal case)	179	25	115	9	81	6
Group 2 (non-fatal case)	24	153	13	92	7	59
The model accuracy	0,872		0,903		0,915	

**Table 3.** Assessing the accuracy of determining the clinical outcome of patients with the posterior MI

Study group	A number of patients with the posterior MI ( $N=258$ )					
	The prototype model ( $N=258$ )		The developed model ( $N=258$ )			
			Training set ( $N=193$ )		Test set ( $N=65$ )	
	$n_1$	$n_2$	$n_1$	$n_2$	$n_1$	$n_2$
Group 1 (fatal case)	160	29	107	10	39	3
Group 2 (non-fatal case)	17	52	7	69	2	21
The model accuracy	0,822		0,912		0,923	

To check the validity of the developed mathematical models 382 patients with the anterior MI were examined and 258 people who came through the posterior MI.

### Practical realization of the development results

#### Example 1.

$$F1 = -158.421 - 3.399 * 0.5 + 10.549 * 5.08 + 2.17 * 0.38 + 4.145 * 2 - 0.991 * 11.2 + 1.383 * 18 + 1.742 * 4.5 + 1.261 * 2 + 1.474 * 78 + 0.688 * 5 + 1.053 * 6.84 + 0.264 * 135 + 0.352 * 6 + 0.967 * 73 + 0.04126 * 150 + 0.02703 * 11.11 = 132$$

$$F2 = -151.647 - 3.143 * 0.5 + 13.656 * 5.08 + 5.822 * 0.38 + 5.372 * 2 - 0.387 * 11.2 + 1.163 * 18 + 2.015 * 4.5 + 0.97 * 2 + 1.47 * 78 + 0.726 * 5 + 0.802 * 6.84 + 0.183 * 1.35 + 0.666 * 6 + 0.852 * 73 - 0.0839 * 150 + 0.01247 * 11.11 = 134$$

The analysis of the results showed the increase F2 over F1, which enabled predicting the given patient's fatal outcome. The obtained result is verified practically.

#### Example 2.

$$F1 = -158.421 - 3.399 * 0.13 + 10.549 * 4.06 + 2.17 * 0.38 + 4.145 * 3 - 0.991 * 8.4 + 1.383 * 16 + 1.742 * 6.8 + 1.261 * 2 + 1.474 * 82 + 0.688 * 5 + 1.053 * 3.42 + 0.264 * 1.15 + 0.352 * 4 + 0.967 * 78 + 0.04126 * 123 + 0.02703 * 6.84 = 136;$$

$$F2 = -151.647 - 3.143 * 0.13 + 13.656 * 4.06 + 5.822 * 0.38 + 5.372 * 3 - 0.387 * 8.4 + 1.163 * 16 + 2.015 * 6.8 + 0.97 * 2 + 1.47 * 82 + 0.726 * 5 + 0.802 * 3.42 + 0.183 * 1.15 + 0.666 * 4 + 0.852 * 78 - 0.0839 * 123 + 0.01247 * 6.84 = 138.$$

The analysis of the results showed the increase F2 over F1, which enabled predicting the given patient's fatal outcome.

#### Example 3.

$$F3 = -158.421 - 3.399 * 0.25 + 10.549 * 4.84 + 2.17 * 0.38 + 4.145 * 1 - 0.991 * 6 + 1.383 * 18 + 1.742 * 3.9 + 1.261 * 4 + 1.474 * 85 + 0.688 * 20 + 1.053 * 6.84 + 0.264 * 1.35 + 0.352 * 4 + 0.967 * 73 + 0.04126 * 148 + 0.02703 * 8.55 = 152$$

$$F4 = -151.647 - 3.143 * 0.25 + 13.656 * 4.84 + 5.822 * 0.38 + 5.372 * 1 - 0.387 * 6 + 1.163 * 18 + 2.015 * 3.9 + 0.97 * 4 + 1.47 * 85 + 0.726 * 20 + 0.802 * 6.84 + 0.183 * 1.35 + 0.666 * 4 + 0.852 * 73 - 0.0839 * 148 + 0.01247 * 8.55 = 149$$

The analysis of the results showed the increase F1 over F2, which enabled predicting the given patient's favourable outcome.

models are developed taking into account the prediction of the object's state under the conditions of uncertainty.

During the research, the authors proposed The mathematical support for the information system of making decisions regarding the patient's state was suggested in the context of the research. Mathematical

The use of the developed mathematical models enables increasing the accuracy of predicting the patient's state in real time and at the early stages of the disease development by 4.2% for patients with anterior MI and by 10% for patients with posterior MI and applying adequate preventive and therapeutic-rehabilitation measures timely.

### Reference

1. Timofeev, V. A., Hutsa, O. N., Shcherbyna, E. A. (2015), "Information technology of synthesis and analysis of functional models of interactive regulations" ["Ynformatsyonnaia tekhnolohyia syntezay analiza funktsyonalnykh modelei ynteraktyvn ykh rehlementov"]. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management*. No. 55 (1097). P. 45-51.
2. Timofeev, V. O., Danylchenko, V. M., Kyrii, V. V. (2017), "The current state and trends of the development of quality management systems for data transmission in information systems" ["Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku system upravlinnia yakistiu peredachi danykh v informatsiinykh systemakh"]. *Matematychni modeli ta novitni tekhnolohii upravlinnia ekonomichnyimi ta tekhnichnyimi systemamy*. Kharkiv: FOP Mezona V. V. P. 268-275.
3. Timofeev, V. O., Hutsa, O. M., Peresada, O. V. (2017), "Information technology for creation of expert bot on the basis of procedural knowledge" ["Informatsiina tekhnolohiia stvorennia botiv-ekspertiv na osnovi protseduralnykh znan"]. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: System Analysis, Control and Information Technologies*. No. 2 (1224). P. 23-28.
4. Timofeev, V. O., Kharchenko, V. S., Andrashov, A. O., Skliar, V. V., Siora, O. A. (2012), "Gap-and-IMECA-Based Assessment of I&C Systems Cyber Security". *Complex Systems and Dependability: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Advances in intelligent and soft computing*. No. 170. P. 149-164.
5. Timofeev, V. A., Samer, L. (2009), "About one approach to the synthesis of a dynamic object management system" ["Ob odnom podkhode k syntezu system y upravleniya dynamycheskym ob'ektom"]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii v ekonomitsi ta upravlinni pidpriemstvamy, prohramamy ta proektamy*. Kharkiv: KhAY. P. 249-250.

6. Timofeev, V. O. (2011), "Mathematical models of economic monitoring in conditions of uncertainty" ["Matematychni modeli ekonomichnoho monitorynhu za umov nevyznachenosti"]. Kharkiv. KhNURE. p. 102.
7. Timofeev, V.A., Udovenko, S.H. (2005), "Analysis of identification algorithms for noisy results of observations" ["Analyz alhorytmov identyfikatsyy pry zashumlennykh rezultatakh nabludenyi"]. *Vestnyk KhNTU*. Kherson. No. 1 (21). P. 31-38.
8. Vysotskaya, E. V., Strashnenko, A. N., Demin, Y. A., Prasol, I. V., Sinenko, C. A. (2013), "A method for prognosis of primary open-angle glaucoma". *International Review on Computers and Software*. Vol. 8. Issue 8. P. 1943-1949.
9. Vysotska, O., Dobrorodnia, M., Gordiyenko, M., Klymenko, V., Chovpan, A., Georgiyants, M. (2016), "Studying the mechanisms of formation and development of overweight and obesity for information system diagnostic of obesity". *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. No. 6/2 (84). P. 15-23. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/85390>
10. Bepalov, Y. G., Nosov, K. V., Vysotska, O., Porvan, A. P., Omiotek, Z., Burlibay, A., Assembay, A., Szatkowska, M. (2017), "Mathematical modeling of systemic factors determining the risk of deterioration of drinking water supply and development of allergic diseases of population". *Proc. SPIE 10445. Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*. 104453K (7 August). DOI: 10.1117/12.2280964; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2280964>.
11. Vysotskaya, E. V. Pecherskaya, A. Y., Dovnar, A. Y. (2014), "Making medical decisions in conditions of uncertainty" ["Pryniatye medytsynskykh reshenyi v uslovyakh neopredelennosti"]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3. No. 4 (69). P. 16-21.
12. Wójcik, W., Vysotska, O., Klymenko, V., Trubitsin, A., Pecherska, A., Savchuk, T., Kolimoldayev, M., Szatkowska, M., Burlibay, A., (2017), "Risk assessment of bronchial asthma development in children with atopic dermatitis", *Proc. SPIE. 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*.
13. Yakubovska, S. V. Vysotska, O., Porvan, A., Yelchaninov, D., Linnyk E. (2016), "Developing A Method For Prediction Of Relapsing Myocardial Infarction Based On Interpolation Diagnostic". *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Information and controlling system*. Vol. 5. No. 9 (83). P. 41-49. Available at <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/81004>
14. Yakubovska, S. V., Nikonov, V. V., Porvan, A. P., Dovnar, A. Y., Chyzykh, E. Y (2016), "The automated system of the outcome of myocardial infarction" ["Avtomatyzyrovannaia sistema iskhoda infarkta miokarda"]. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: "Mechanic-technological systems and complexes"*. No. 49. P. 58-62.
15. Dziak, H. V., Kolesnyk, T. V., Bulanaia, T. M., Ehorov, K. Iu. (2009), "Information technology of dynamic monitoring for diagnosis of cardiovascular diseases" ["Informatsionnaia tekhnolohyia dynamycheskoho monitorynhu dlia dyahnostyky serdechno-sosudystykh zabolevaniy"]. *Clinical Informatics and Telemedicine*. Vol. 5. No. 6. P. 52-57.
16. Melnyk, K. V., Holoskokov, A. E. (2008), "The procedure for diagnosing the patient's cardiovascular system condition based on fuzzy logic" ["Protseura dyahnostyrovanyia sostoiannya serdechno-sosudystoi systemy patsyenta na osnove nechetkoi lohyky"]. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: "Information and Modeling"*. No. 49. P. 101-104.
17. Dubrova, T. A. (2005), *Statistical methods of forecasting* [Statystycheskye metody prohnozyrovanyia]. Moscow: Yunyta-Dana. 206 p.
18. Petry, A., Sabyu, K. (2009), *Visible medical statistics* [Nahliadnaia medytsynskaia statistika]. Moscow: HIAOTAR-Medya. 168 p.
19. Medyk, V. A., Tukmachev, M. S. (2007), *Mathematical statistics in medicine* [Matematycheskaia statystyka v medytsyne]. Moscow: Fynansi i statistika. 800 p.

Receive 20.09.2017

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

**Якубовська Софія Володимирівна** – Харківський національний університет радіоелектроніки, асистент кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою, молодший науковий співробітник кафедри біомедицинської інженерії; м. Харків, Україна; e-mail: [sofiya.yakubovska@nure.ua](mailto:sofiya.yakubovska@nure.ua); ORCID: 0000-0002-7365-2355.

**Якубовская София Владимировна** – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, ассистент кафедры экономической кибернетики и управления экономической безопасностью, младший научный сотрудник кафедры биомедицинской инженерии; г. Харьков, Украина; e-mail: [sofiya.yakubovska@nure.ua](mailto:sofiya.yakubovska@nure.ua); ORCID: 0000-0002-7365-2355.

**Yakubovska Sofiia** – Kharkiv National University of Radio Electronics, Assistant of Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security, Junior Researcher of Department of Biomedical Engineering, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [sofiya.yakubovska@nure.ua](mailto:sofiya.yakubovska@nure.ua); ORCID: 0000-0002-7365-2355.

**Висоцька Олена Володимирівна** – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри біомедицинської інженерії, м. Харків, Україна; e-mail: [olena.vysotska@nure.ua](mailto:olena.vysotska@nure.ua); ORCID: 0000-0003-3723-9771.

**Высоцкая Елена Владимировна** – доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, профессор кафедры биомедицинской инженерии, г. Харьков, Украина; e-mail: [olena.vysotska@nure.ua](mailto:olena.vysotska@nure.ua); ORCID: 0000-0003-3723-9771.

**Vysotska Olena** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics, Professor Department of Biomedical Engineering, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [olena.vysotska@nure.ua](mailto:olena.vysotska@nure.ua); ORCID: 0000-0003-3723-9771.

**Тимофєєв Володимир Олександрович** – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою; м. Харків, Україна; e-mail: [volodymyr.timofeev@nure.ua](mailto:volodymyr.timofeev@nure.ua); ORCID: 0000-0003-1371-9885.

**Тимофеев Владимир Александрович** – доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, заведующий кафедрой экономической кибернетики и управления экономической безопасностью; г. Харьков, Украина; e-mail: [volodymyr.timofeev@nure.ua](mailto:volodymyr.timofeev@nure.ua); ORCID: 0000-0003-1371-9885.

**Timofeev Vladimir** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Kharkov National University of Radio Electronics, Head of the Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [volodymyr.timofeev@nure.ua](mailto:volodymyr.timofeev@nure.ua); ORCID: 0000-0003-1371-9885.

## МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ОБ'ЄКТА

В даний час інформаційні технології (ІТ) інтенсивно застосовують у всьому світі в різних галузях, і вже сьогодні в медичних установах практично неможливо обійтися без їх використання при організації лікувально-діагностичного процесу. Ефективність ІТ визначається ступенем їх інтелектуалізації, тобто включенням до їх складу баз знань, переходом від обробки даних до обробки знань. Ефективність прийняття рішень в різних областях діяльності визначається якістю і оперативністю одержуваної інформації. Медицина в цьому сенсі не є винятком. Збільшений рівень обчислювальної техніки, що застосовується інструментарію, діагностики на базі автоматизованих систем підтримки прийняття рішень дозволив вирішувати завдання визначення стану об'єкта на якісно новому рівні. **Предметом** даного дослідження є математичне забезпечення інтелектуальної інформаційної системи (ІС) оцінювання стану об'єкта. Під **об'єктом** будемо розуміти пацієнта, який переніс інфаркт міокарда (ІМ). **Метою** дослідження є розробка математичного забезпечення інтелектуальної ІС оцінювання та прогнозування стану пацієнта. Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні **завдання**: виявлено статистично достовірні ознаки, що не корелюють між собою, які дозволяють відрізнити групу тих, що вижили пацієнтів від померлих, побудовані "вирішальні правила" для прогнозування результату ІМ. У процесі дослідження розроблено математичне ІС оцінювання стану об'єкта. **Результат**. Пропоновані математичні моделі прогнозування результату ІМ, розроблені з використанням методу дискримінантних функцій та обліком показників крові людини, дозволяють попередити раптову коронарну смерть і підвищити ефективність діагностики. **Висновки**. Розроблено математичні моделі для прогнозування стану об'єкта при наявності невизначеності. Використання розроблених математичних моделей дозволило в реальному часі підвищити точність прогнозування стану об'єкта на ранніх стадіях розвитку захворювання на 4,2% і 10%, а також, своєчасно застосувати адекватні профілактичні та лікувально-реабілітаційні заходи, попередити раптову коронарну смерть. Була проведена апробація розроблених математичних моделей.

**Ключові слова:** математичне забезпечення, інформаційна система, інфаркт міокарда, модель прогнозування.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА

В настоящее время информационные технологии (ИТ) интенсивно применяются во всем мире в различных отраслях, и уже сегодня в медицинских учреждениях практически невозможно обойтись без их использования при организации лечебно-диагностического процесса. Эффективность ИТ определяется степенью их интеллектуализации, т.е. включением в их состав баз знаний, переходом от обработки данных к обработке знаний. Эффективность принятия решений в различных областях деятельности определяется качеством и оперативностью получаемой информации. Медицина в этом смысле не является исключением. Возросший уровень вычислительной техники, применяемого инструментария, диагностики на базе автоматизированных систем поддержки принятия решений позволил решать задачи определения состояния объекта на качественно новом уровне. **Предметом** данного исследования является математическое обеспечение интеллектуальной информационной системы (ИС) оценивания состояния объекта. Под **объектом** будем понимать пациента, перенесшего инфаркт миокарда (ИМ). **Целью** исследования является разработка математического обеспечения интеллектуальной ИС оценивания и прогнозирования состояния пациента. Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**: выявлены статистически достоверные и некоррелирующие между собой признаки, позволяющие отличить группу выживших пациентов от умерших, построены "решающие правила" для прогнозирования исхода ИМ. В процессе исследования разработано математическое ИС оценивания состояния объекта. **Результат**. Предлагаемые математические модели прогнозирования исхода ИМ, разработанные с использованием метода дискриминантных функций и учетом показателей крови человека, позволяют предупредить внезапную коронарную смерть и повысить эффективность диагностики. **Выводы**. Разработаны математические модели для прогнозирования состояния объекта при наличии неопределенности. Использование разработанных математических моделей позволило в реальном времени повысить точность прогнозирования состояния объекта на ранних стадиях развития заболевания на 4,2% и 10%, а также, своевременно применить адекватные профилактические и лечебно-реабилитационные мероприятия, предупредить внезапную коронарную смерть. Была проведена апробация разработанных математических моделей.

**Ключевые слова:** математическое обеспечение, информационная система, инфаркт миокарда, модель прогнозирования.

Н. Е. АВАНЕСОВА

## АНАЛІТИЧНИЙ ПОГЛЯД НА ТЕОРІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**Предметом** дослідження є проблематика забезпечення економічної безпеки. **Мета** дослідження полягає у вивченні еволюційного шляху теоретичного обґрунтування проблематики забезпечення економічної безпеки з позицій безпекознавства. У статті було використано такі **методи** теоретичного та емпіричного дослідження: логічного узагальнення – для обґрунтування актуальності теми, мети і завдань дослідження, для визначення сутнісних ознак; аналізу та синтезу – для характеристики теорій економічної безпеки. На сучасному етапі розвитку економічної науки в умовах наростаючих тенденцій глобалізації світового господарства проблематика забезпечення економічної безпеки набуває все більш важливого значення, адже в Україні поки ще не створено продуману, науково обґрунтовану та ефективну систему економічної безпеки, яка, з одного боку, відображала б національні інтереси в економічній сфері, а з другого – реально захищала їх від можливих загроз. Утім це не означає, що в науково-теоретичному плані відсутні напрацювання можливих моделей системи економічної безпеки. Проживаючи сьогоднішні наші такі багатопланові дні ми постійно перетинаємося з безпекою в тому чи іншому контексті. Враховуючи нинішню ситуацію в країні ми змушені звертати свою увагу на безпеку, враховуючи всі її прояви: від країни до безпеки людини. На основі систематизації теоретико-методологічних уявлень про феномен і проблематику безпеки та сучасних досліджень з теорії безпеки безпека суспільства розглядається як триада політичної стабільності, економічного процвітання та обороноздатності країни, до якої прагне особистість і соціальна система задля самозбереження. У сфері безпекознавства виокремлюються такі теорії економічної безпеки, як: безпекологія, теорії екосесетейту й екосесенту, синергізму та кластерів. Теорії забезпечення економічної безпеки пройшли довгий еволюційний шлях, що значною мірою позначилося на їх сутності: від протидії надприродним силам та природним загрозам до комплексних концепцій гармонізації та консолідації зусиль держави й індивідуальних агентів у забезпеченні стійкого економічного розвитку суб'єктів господарської діяльності.

**Ключові слова:** економічна безпека, забезпечення економічної безпеки, теорії економічної безпеки, суб'єкт господарської діяльності, соціально-економічна система.

### Вступ

Економічна безпека – це основа добробуту країни та досягнення поставлених цілей суб'єктів господарської діяльності. На рівні держави її можна визначити як стан захищеності національної економіки, за якого сукупні державно-суспільні гарантії сприяють сталому розвитку економіки, захисту інтересів населення країни, джерел його матеріально-духовного розвитку від внутрішніх і зовнішніх загроз і небезпек. Особливої уваги забезпечення економічної безпеки держави потребує саме сьогодні з огляду на наростаючі тенденції глобалізації світового господарства. З точки зору окремого суб'єкта господарської діяльності економічна безпека характеризує стан його захищеності від негативного впливу зовнішніх факторів, який забезпечує стабільне функціонування суб'єкта господарської діяльності та досягнення його комерційних цілей у довгостроковій перспективі. Актуальність забезпечення економічної безпеки суб'єктів господарської діяльності обумовлена необхідністю підвищення їх конкурентоспроможності, захисту від рейдерських атак і недружних поглинань, реструктуризації бізнесу на основі провадження новітніх інформаційних технологій тощо.

### Аналіз літературних даних і постановка завдання

Проблематика забезпечення економічної безпеки є предметом наукових робіт багатьох вчених. Найбільш актуальними є дослідження вчених наукової школи Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля на чолі з професором Г. В. Козаченко [6, 19, 20], певну увагу привертають

наукові погляди В. А. Рач [17], О. В. Ілляшенко [5], Є. І. Овчаренко [14], Г. А. Атаманова [2] та ін. У їх дослідженнях розкривається сутність економічної безпеки, фактори впливу на неї, а також ризики та загрози, методи, механізми та шляхи забезпечення економічної безпеки.

Не дивлячись на значну кількість праць та значний наукових доробок з дослідження проблем забезпечення економічної безпеки окремої уваги потребують питання щодо вивчення еволюційного становлення теорії економічної безпеки з позицій безпекознавства.

**Метою дослідження** є вивчення еволюційного шляху теоретичного обґрунтування проблематики забезпечення економічної безпеки з позицій безпекознавства.

### Матеріали та методи дослідження

У статті було використано такі методи теоретичного та емпіричного дослідження: логічного узагальнення – для обґрунтування актуальності теми, мети і завдань дослідження, для визначення сутнісних ознак; аналізу та синтезу – для характеристики теорій економічної безпеки. Інформаційно-фактологічною базою дослідження стали монографії та публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, інтернет-ресурси, результати власних досліджень автора.

### Результати дослідження

На сучасному етапі розвитку економічної науки в умовах наростаючих тенденцій глобалізації світового господарства проблематика забезпечення економічної безпеки набуває все більш важливого

значення. При цьому дослідження сутності економічної безпеки проводяться у відповідності до наукової картини світу, під якою розуміється особлива форма теоретичного знання, що репрезентує предмет дослідження науки визначеного етапу її історичного розвитку, за допомогою якої інтегруються та систематизуються конкретні знання, які буди отримані і різних областях наукового пошуку [13].

### Обговорення результатів

Найбільш уживаною з діатропічних наукових картин світу сьогодення у галузі забезпечення економічної безпеки є теорія безпекознавства. Узагальнено безпекознавство являє собою систему знань, яка характеризує розуміння та пояснення безпеки за об'єкт-видовою ознакою в її еволюційному контексті з обов'язковим описом майбутнього стану.

Як зазначено у праці В. А. Ліпкан, безпекознавство є своєрідною матрицею наук і наукових напрямів про безпеку, суспільною міждисциплінарною наукою, в якій досліджуються загальні та специфічні закономірності організації та функціонування систем безпеки різного класу і розробляються на підставі їхнього пізнання загальні теоретичні положення, що спрямовані на підвищення ефективності їх функціонування [10]

Сучасній економіці властиві катастрофи та ризики, природа яких здебільшого має інституційний характер, масштаби яких зростають унаслідок збільшення трансакцій на світових фінансових ринках та котрі перетворюються на загрози для реальної економіки в масштабах цілих країн, що засвідчує досвід Мексики, Бразилії, Аргентини, а в ХХІ ст. – Японії та США.

Надання економічного простору промислового підприємництва не означає, що держава має дистанціюватися від виконання покладених на неї політичних, економічних, соціальних функцій, а повинна спрямовувати регулювання економічних процесів на відтворення оптимальних пропорцій між виробництвом, обміном, розподілом і споживанням в розрізі національної безпеки.

Підґрунтя забезпечення економічної безпеки господарюючих суб'єктів ринкової системи господарювання складають ідеї структурної й функціональної варіативності як способу забезпечення конкурентоспроможності за фінансового, трудового, товарного та інших різновидів ринкового хаосу; чималої вагомості набуває виокремлення об'єктів та суб'єктів економічної безпеки [16].

Сучасна економічна наука розглядає кілька парадигм забезпечення економічної безпеки як національних, так і регіональних систем господарювання. Однією з найбільш поширених на сьогодні є концепція економічної безпеки, що ґрунтується на ідеях і положеннях структурної жорсткості економічної системи, її керованості, високого рівня захищеності від зовнішніх викликів та загроз [23].

У широкому часовому контексті економічна безпека органічно поєднується з динамікою розвитку,

з інноваційними процесами, з елементами допустимого ризику [23].

Таким чином, економічна безпека аналізується як раціонально обґрунтоване діалектичне поєднання інноваційних, ризикованих економічних дій в одних сегментах ринкових відносин та методів стабільного, технологізованого, прибуткового господарювання.

Запропоновані підходи до забезпечення економічної безпеки реалізуються здебільшого в системах господарювання, що мають надлишкові або недостатні ресурси для комплексної самореалізації своїх потреб, інтересів, життєвих настанов. Головними умовами економічної безпеки вважать ресурси, потужності, стабільність, керованість [24].

На підставі подібних концептуальних положень вибудовувалась ієрархічна система економічної безпеки СРСР, інших країн соціалістичного табору [1].

Варто акцентувати на тому, що описані процеси реалізуються й сьогодні в економічних системах низки країн, зокрема КНР. Мова йде про переважну кількість крупних як приватних, так і державних економічних корпорацій, галузевих і регіональних економічних систем [24]. Більшість дослідників, однак, ставлять під сумнів концептуальну реалістичність подібних положень, акцентуючи на утопічності описаної концепції в контексті відкритої ринкової конкуренції та ресурсів економічного ризику [3].

Дотримання згаданих методологічних, світоглядних настанов часто спричиняє до плутання, а подекуди й до відвертої підміни поняття економічна безпека поняттям економічна стабільність.

Економічна стабільність, безумовно, є базовою ознакою економічної безпеки, проте нею не вичерпується перелік параметрів останнього поняття.

Наочно діяльність в умовах дефіциту основних ресурсів, зі свого боку, демонструють моделі нарощування потенціалу економічної безпеки, застосовані Німеччиною та Японією в післявоєнний період на початку 50-х років ХХ ст [24].

Еволюція теорії економічної безпеки розробляється та реалізується в межах економічної політики, основними пріоритетами якої є забезпечення соціально-економічної та військово-політичної стабільності держави, збереження конституційних прав і свобод, що передбачає визначення економічної політики

У дослідженнях В. А. Рач запропоновано під безпекознавством розуміти систему поглядів про цілісність безпеки/невпевненості/небезпеки, яка вивчає сутність цієї цілісності як феномену (номену та феномену одночасно), форми її прояву та роль в житті людини в різному масштабі метрики, цілісності – особистість, родина (команда, спільнота), підприємство (фірма, концерн), регіон, держава, союз, континент, цивілізація та ін. [17]. Автор у своєму дослідженні спирається на думку вчених наукової школи Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля на чолі з професором Г. В. Козаченко [6, 19, 20].

Як зазначає Г.В. Козаченко [7], безпекологія виступає формою синтетичного знання, у межах якої окремі поняття, гіпотези і закони безпекознавства втрачають колишню автономність і стають елементами цілісної системи.

Автор Л. О. Корчевська у своїх дослідженнях, посилаючись на наукові роботи російського вченого Ю.В. Чайковського, виокремлює п'ять наукових картин світу, в межах яких розвивалися наукові погляди на проблему забезпечення економічної безпеки: схоластична, механістична, статистична, системна, діатропічна (рис. 1) [9].

Накопичення знань у кожному окремому напрямку забезпечує його перетворення в науку. Саме так система знань з безпекознавства перетворилася у безпекологію, яка являє собою комплекс поглядів, уявлень, ідей, спрямованих на тлумачення і пояснення явищ безпеки, творче переосмислення концептуальних і теоретичних основ управління, права, соціології, антропології та ін., виявлення та дослідження загальних і специфічних об'єктивних закономірностей організації та функціонування систем безпеки різного класу, що надає цілісне уявлення про закономірності та наявні зв'язки у забезпеченні безпеки [7].

Аналогічної думки дотримується В.А. Рач. Автор доводить, що за розуміння науки як цілісної сукупності поглядів з урахуванням практичної точки зору на сприйняття соціально-економічної реальності зовнішнього прояву цілісності будь-якої системи більш доцільним є вживання терміну безпекологія, а не безпекознавство. При цьому він визначає безпекологію як науку про безпеку, яка вивчає її сутність, причини, форми прояву і роль в житті людей [17].

У дисертаційному дослідженні О.В. Ілляшенко зазначено, що фундаментальною категорією безпекології є економічна безпека [5, с. 29]. При цьому автор дотримується положень досліджень Г.А. Атаманова [2] і Є.І. Овчаренко [14] про те, що поняття безпека не може вживатися як самостійна категорія, так як без вказівки на об'єкт сенс цього поняття втрачається. На основі запропонованої архітектури об'єктно-видових визначень поняття "безпека" дослідник визначає економічну безпеку підприємства кінцевим об'єктом вивчення безпекології, зазначаючи: "... економічна безпека підприємства є системним явищем, головною умовою існування, діяльності та розвитку підприємства" [5, с. 26].

У подальших дослідженнях української науки щодо проблематики економічної безпеки було виокремлено теорію екосесетейту (economic security of society) й екосесенту (economic security of enterprise). Екосесетейт – термін, який було введено у науковий обіг Г.А. Андрощук і П.П. Крайневим [1, с. 3]. У загальному розумінні екосесетейт виступає як галузь знань щодо дослідження умов безпечного функціонування соціально-економічних систем та способів їх забезпечення.

У своїх дослідженнях Л.Є. Шульженко зазначає, що екосесетейт як галузь безпекознавства сформувався на стику теорій сек'юритології й

економічної теорії за ієрархічним принципом вертикальної спрямованості "держава – регіон (галузь) – суб'єкт господарської діяльності". Саме це, на думку автора, зумовило виникнення таких областей знань як економічна безпека держави, економічна безпека регіону, економічна безпека галузі, економічна безпека суб'єктів господарської діяльності [22].

Продовженням теорії екосесетейту є розвиток сукупності знань про економічну безпеку окремих суб'єктів господарювання, яка отримала назву екосесент. Автори даної теорії Г. Андрощук і П. Крайнев поняття екосесенту трактували як економічних стан підприємства, стійкість (у межах критичних обмежень) проти зовнішніх і внутрішніх змін фінансово-господарського оточення, що не належать до форм-мажорних обставин [1, с. 3].

У наш час фахівці з проблематики економічної безпеки підприємства визначають екосесент як сукупність ідей, поглядів та уявлень, формування підходів (розроблення моделей, методів та алгоритмів аналізу даних для отримання знань та навчання) до забезпечення економічної безпеки суб'єктів господарської діяльності, загальні та специфічні закономірності організації і функціонування його системи економічної безпеки на підставі її пізнання, загальні положення, спрямовані на підвищення ефективності функціонування даної системи [8].

У час нестабільності зовнішнього оточення функціонування суб'єктів господарської діяльності з метою отримання нових можливостей науковці теоретично обґрунтовують використання теорій синергізму і кластерів у сфері забезпечення економічної безпеки підприємств. На думку В.П. Решетило, теорія синергізму в економіці вивчає становлення нових структур у процесі кооперативної когерентної взаємодії макроскопічних елементів соціально-економічної системи та досліджує процеси самоорганізації в нелінійному нерівномірному соціально-економічному середовищі. Автор обґрунтовує, що економічна синергетика вбачає джерела економічного розвитку в процесах активної взаємодії виробничого, фінансового, інноваційного й інституційного потенціалів системи [17, с. 13]. Синергізм як концепцію отримання додаткових можливостей на основі максимального використання ресурсів та потенціалів в умовах трансформаційних процесів в економіці розглядає І.П. Мойсеєнко [12].

У дослідженнях О.В. Гошовської, А.М. Ліманського, Ж.В. Поплавської зазначено, що теорія синергізму у забезпеченні економічної безпеки забезпечує використання системного опису економічних процесів діяльності з позицій економічної безпеки, вбудованих у механізм самоорганізації та адаптації до змін зовнішнього середовища [4].

На думку І.П. Мойсеєнка, використання теорії синергізму в управлінні економічною безпекою підприємств можливо за дотримання принципів самоорганізації та когнітивного моделювання ситуації передбачає подолання теоретико-прикладних проблем, що пов'язані з ідентифікацією системи економічної безпеки, встановлення їх структури та

визначення зв'язку між ними, вимірювання стану безпеки, а також визначення системних принципів у функціонування елементів системи економічної механізмів управління економічною безпекою [11].

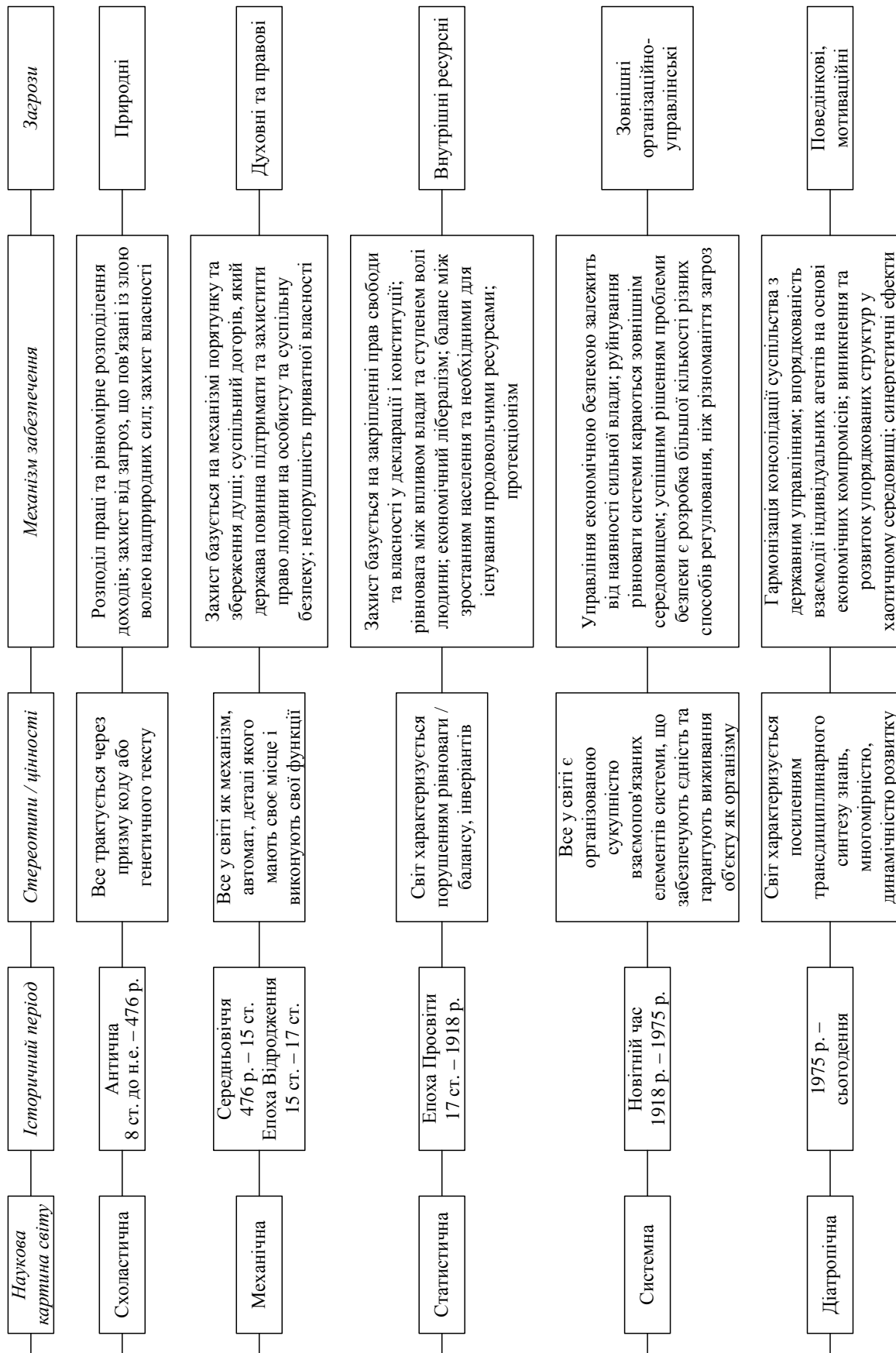


Рис. 1. Еволюція економічної безпеки підприємства з огляду на наукові картини світу

При цьому автор зазначає, теорія синергізму в системі економічної безпеки підприємства спрямована на моделювання безпеки на основі принципів самоорганізації, аналіз ймовірних сценаріїв розвитку подій та тенденцій, використання можливостей для координації сприятливих тенденцій з використанням сучасних ІТ-технологій [18, с. 106-107].

Теорія кластерів в економіці розвивається у напрямку забезпечення конкурентоспроможності й економічного розвитку регіонів. Її формування відбувається під впливом теорій регіональної організації та просторової організації економіки, теорії інноваційного розвитку, інституційної теорії, економічної соціології та стратегічного менеджменту [21]. При цьому застосування кластерного підходу передбачає географічну інтеграцію взаємопов'язаних виробництв, формування виробничих зв'язків між постачальниками, виробниками, освітніми установами, науково-дослідними інститутами, фінансовими установами, консалтинговими центрами тощо [16].

На нашу думку, найбільш повно сутність та роль кластеру у забезпеченні економічного розвитку розкривають у своїх дослідженнях В.М. Гесць та В.П. Семиноженко. Автори зазначають, що кластер являє собою сукупність різних юридичних осіб, пов'язаних партнерськими відносинами по всьому технологічному ланцюжку – від видобутку сировини до споживання продукції та послуг [3, с. 158].

Економічна безпека суб'єктів господарської діяльності гарантує максимально ефективне використання наявних і безпечно залучення додаткових ресурсів. Виникнення загроз економічній безпеці підприємства обумовлює пошук оптимальних раціональних форм господарювання. як справедливо зауважує С.Г. Оксенюк, на рівні держави для подолання загроз економічній безпеці суб'єктів господарської діяльності особливої уваги заслуговує кластерна модель розвитку економіки [14]. Автор зазначає, що виважена державна кластерна політика є запорукою економічної безпеки, оскільки кластерні утворення є достатньо стійкими формаціями відносно ризиків і загроз глобалізації, сприяють розвитку конкурентоспроможності, стимулюванню інновацій, залученню інвестицій, створенню нових технологій.

Економічна безпека як фундаментальна категорія безпекології є важливою категорією для функціонування та розвитку України як суверенної держави. Актуальність окресленої проблеми спричинена низкою соціально-економічних передумов, методологічних і системно-структурних факторів.

Унаслідок розширення спектра варіантів і альтернатив місії, а також способів досягнення намічених цілей категорія безпеки набуває виняткової важливості. Загалом усі сфери життєдіяльності людини мають певні індикатори, що сигналізують про можливі небезпеки, на які потрібно зважати під час визначення та реалізації стратегічного розвитку суспільства, економічного агента чи особи. Мається на увазі те, що не можна надавати перевагу певним варіантам оцінювання та прогнозування соціально-

економічних реформ (розвитку економіки, інвестицій, формування бюджету) без урахування їхніх соціально-економічних наслідків, критеріїв та індикаторів безпеки [13]. У глобалізованому конкурентному середовищі навіть розвинена економіка з потужним силовим блоком і високотехнологічним джерелом інформації, фінансово-банківською та валютною підсистемами не має надійних інститутів безпеки та захисту громадян від стохастичних чинників невизначеності й ентропійності розвитку.

Із метою з'ясування глибини і повноти масиву визначень терміну економічна безпека, доцільно скористатися загальнонауковими методами розроблення й уточнення понять. У цьому контексті доречно залучити першоджерела та концепції провідних науковців і фахівців, що надають як загальне уявлення про аналізоване явище, так і більш детальну інформацію про його природу та складники.

Термінологічний принцип передбачає вивчення історії появи й усталення визначень, з'ясування та деталізацію змісту й обсягу термінів, виявлення взаємозв'язків і субординації понять, їхнє місце в поняттєвому апараті теорії безпекології, на якій ґрунтується дослідження.

Економічна безпека, як компонент сучасної економічної теорії визнає свій предмет і специфічні методи дослідження [6]. Зв'язаність забезпечення соціальної й економічної безпеки свідчить про те, що "безпека суспільства" є досить-таки потрібним соціально-економічним фактом і тому виступає предметом економічної теорії [5]. Безпека – це доволі складне та багатоаспектне поняття, що передбачає різні тлумачення [5].

Укладачі "Енциклопедії економічної безпеки" визначають безпеку як властивість будь-якої системи, що виражається в здатності предмета, явища чи процесу зберігати свої основні характеристики, сутнісні параметри в разі патологічних, руйнівних впливів [3, с. 79].

У суспільних науках поняття безпека – це задоволення таких потреб, як існування, цілісність, незалежність, спокій і розвиток [1, с. 145].

Здебільшого, однак, безпеку ототожнюють із захищеністю. Так, Є. Крихтіна трактує безпеку як "стан захищеності найбільш важливих інтересів особистості, суспільства та держави від загроз" [1, с. 124].

Згідно із визначенням, поданим у словнику В. Даля, безпека – "відсутність небезпеки, збереження, надійність" [3, с. 108].

У словнику С. Ожегова безпека формулюється таким чином: "Стан, за якого не загрожує небезпека, тобто наявний захист від небезпеки" [23, с. 47]. Є. Олейников та О. Омелянович під безпекою розуміють стан і тенденції розвитку захищеності життєво важливих інтересів соціуму та його структур від внутрішніх і зовнішніх загроз [24, с. 10].

Проблема визначення сутності терміну "економічна безпека" існувала завжди, проте на сучасному етапі розвитку набула особливої гостроти у зв'язку з негативними наслідками реформування економіки, із дезорієнтуванням просторово-галузевої

структури реального сектора економіки, із руйнуванням господарських зв'язків між видобувними та переробними галузями виробництва, а також різним рівнем готовності регіонів до функціонування в умовах ринкової економіки й у процесі структурно-інституційних деформацій.

Питання економічної безпеки стали предметом досліджень багатьох зарубіжних учених-економістів. Загальнотеоретичним питанням вивчення економічної безпеки, виявленню, аналізу й характеристиці чинників дестабілізації та загроз економічної безпеки, оцінюванню економічної безпеки присвячені роботи Л. Абалкіна, А. Архипова, Є. Бухвальда, А. Городецького, В. Медведева, В. Сенчагова, К. Самсонова, О. Татаркіна та інших. Окремі аспекти регіонального рівня економічної безпеки висвітлено в

працях Л. Абалкіна, Б. Губіна, Ю. Любимцева, О. Романової, О. Татаркіна, В. Яковлева та інших фахівців.

Під безпекою розуміють також стан відсутності загрози, стан спокою, упевненості або "стан психічний чи правовий, за якого особа відчуває впевненість, підтримку з боку іншої особи чи у відрегульованій юридично системі; протилежність загрози" [24, с. 147].

Із наявного масиву визначень дослідження основних характеристик категорії безпека свідчать про потребу з'ясування сутності категорії економічна безпека, зважаючи на широкий спектр її складників. Варто зазначити, що актуалізація вивчення еволюції феномену безпеки набуває ескалації. Хронологічна тенденція розвитку зображена на рисунку 2.

Трактування безпеки	Здатність протистояти небезпекам життя (як необхідність для виживання, самозбереження)	Відсутність для людини небезпеки чи зла (уявлення як про благо)	Спокійний стан духу людини, що вважала себе захищеною від будь-якої небезпеки	Стан, ситуація спокою, що з'являється внаслідок відсутності реальної небезпеки (як фізичної, так і моральної)	Захищеність держави, державного порядку і суспільного спокою	Захищеність національних інтересів	Стан обізнаності про можливі небезпеки господарської діяльності для життя заходів із запобігання реальним чи прогнозованим загрозам
Категорія	Повсякдення	Філософська	Філософська	Філософська	Правова	Соціально-політична	Економічна
Етапи історії	Цивілізації бронзового століття	Стародавня Греція (IV ст. до н.е., Платон, Аристотель)	Середньовічна філософська думка (XII ст., Словник Роберта)	Філософські концепції XVIII ст. (Т. Гоббс, Дж. Локк, Ж.-Ж. Руссо, Б. Спіноза), перші спроби усвідомлення безпеки держави	Формування поняття "державна безпека" в нормативних актах XIX ст. (Положення про заходи і охорону громадського порядку і суспільного спокою 1881 р.)	Формування поняття "національна безпека" на початку XX ст. (послання президента Т. Рузвельта Конгресу США)	Активне розширення господарської діяльності в XX ст., формування поняття "економічна безпека"

Рис. 2. Еволюція феномену трактування безпеки [25]

Із огляду на вищесказане, комплексний підхід до феномена економічної безпеки передбачає постановку й вирішення доволі широкого спектра завдань: створення матеріальних, економічних та інших умов, можливостей для виживання людини як мікрокосму, "епіцентру" соціуму, розкриття її сутнісних сил, стійкого соціально-економічного розвитку суспільства [7]. Досліджування питань економічної безпеки дає змогу пізнати особливості соціально-економічного розвитку країни в період системної трансформації і розгортання глобалізаційних процесів у світі, в умовах послаблення позицій України в політичній, економічній і військовій сферах та прагнення промислово розвинених країн та крупних міжнародних корпорацій скористатися ситуацію, яка склалася, у своїх економічних та політичних інтересах.

## Висновки

Таким чином, теорії забезпечення економічної безпеки пройшли довгий еволюційний шлях, що значною мірою позначилося на їх сутності: від протидії надприродним силам та природним загрозам до комплексних концепцій гармонізації та консолідації зусиль держави й індивідуальних агентів у забезпеченні стійкого економічного розвитку суб'єктів господарської діяльності. На сучасному етапі розвитку економічна безпека розглядається як обов'язкова характеристика суб'єкта господарювання, а її забезпечення на належному рівні є запорукою тривалого й ефективного функціонування підприємства як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Варто зазначити, що у деяких сучасних наукових дослідженнях концепція національної безпеки визначається через суспільні відносини. Зокрема, О.В.

Українчук стверджує, що національна безпека є специфічним видом суспільних відносин, які складаються між людьми та їх колективами у процесі цілеспрямованої діяльності щодо досягнення стану оптимального функціонування і розвитку громадянського суспільства, правової держави, їхніх структурних компонентів.

Національна безпека України забезпечується шляхом проведення виваженої державної політики відповідно до прийнятих в установленому порядку доктрин, концепцій, стратегій і програм у політичній, економічній, соціальній, воєнній, екологічній, науково-технологічній, інформаційній та інших сферах.

При цьому, на теоретичному рівні забезпечення національної безпеки доцільно розглядати як процес цілеспрямованих дій державних та громадської інституцій, а також окремих громадян, щодо спрямованого захисту основ та життєве необхідних умов для саморозвитку особи, суспільства і держави, що полягає у виявленні, попередженні та усуненні наявних та потенційних загроз, здатних завдати шкоди особі, суспільству і державі.

Вибір способів та напрямів забезпечення національної безпеки України обумовлюється закономірністю вчасного вжиття заходів, адекватних характеру і масштабам загроз національним інтересам

Загалом сутність економічної безпеки не обмежуються проблемами економічного зростання на підставі конкуренції, розвитку споживчого та інвестиційного попиту, а також передбачають з-поміж іншого розв'язання проблем створення ринку цінних паперів, вирішення завдань із оптимізації відносин власності й менеджменту, а також гнучкого державного регулювання ринкової економіки. На запобігливе розуміння сутнісних характеристик та індикаторів економічної безпеки вказують процеси в системі господарювання.

Зміни у відносинах власності значною мірою визначають сутнісні детермінанти і якісні властивості характеристики економічної безпеки.

Таким чином, зростання глобальних викликів сучасності актуалізує увагу до дослідження безпеки як складного соціального явища та результату цілеспрямованих зусиль, що забезпечують надійність середовища, діяльності, процесів, інститутів тощо.

### Список літератури

1. Андросчук Г. А., Крайнев П. П. *Экономическая безопасность предприятия: защита коммерческой тайны*. Киев: Издательский дом "Ин Юре". 2000. 400 с.
2. Атаманов А. Г. "Основные виды безопасности антропоных систем и их иерархия". *Проблемы безопасности*. 2010. № 2 (10). Режим доступа: [www.naukaxxi.ru/materials/257](http://www.naukaxxi.ru/materials/257).
3. Геєць В. М., Семиноженко В. П. *Інноваційні перспективи України*. Харків: Константа. 2006. 278 с.
4. Гошовська О. В., Ліманський А. М., Поплавська Ж. В. *Синергізм у стратегічному управлінні: монографія*. Львів: Манускрипт. 2011. 284 с.
5. Ілляшенко О. В. Методологічні засади формування та функціонування механізмів системи економічної безпеки підприємства: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальностями 08.00.04 – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності) і 21.04.02 – економічна безпека суб'єктів господарської діяльності. Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. Северодонецьк. 2016. 606 с.
6. Козаченко А. В., Пономарев, В. П., Ляшенко, А. Н. *Экономическая безопасность предприятия: сущность и механизм обеспечения*. Киев: Издательство "Либра". 2003. 280 с.
7. Козаченко Г. В. Економічна безпека як фундаментальна категорія безпекології. *Матеріали I-ої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції "Безпекознавство: теорія та практика", 15.03-15.04 2013 року*. Режим доступу: [http://thesis.at.ua/publ/bezpekoznavstvo\\_teorija\\_ta\\_praktika/kozachenko\\_g\\_v\\_ekonomichna\\_bezpeka\\_jak\\_fundamentalna\\_kategorija\\_bezpekologiji/4-1-0-169](http://thesis.at.ua/publ/bezpekoznavstvo_teorija_ta_praktika/kozachenko_g_v_ekonomichna_bezpeka_jak_fundamentalna_kategorija_bezpekologiji/4-1-0-169)
8. Козаченко Г. В., Кузьменко О. М. "Експлейнарний базис екосесента: принциповий підхід до змісту". *Економіка. Менеджмент. Підприємство: Збірник наукових праць*. Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. Вип. 25. Ч. І. Луганськ: СХУ ім. В. Даля. 2013. С. 209–217.
9. Корчевська Л. О. Безпекознавство в рамках наукових картин світу. *Матеріали II-ої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції "Безпекознавство: теорія та практика", 15.03-15.04 2014 року*. Режим доступу: [http://thesis.at.ua/publ/2014\\_r\\_bezpekoznavstvo\\_teorija\\_ta\\_praktika\\_15\\_03\\_15\\_04/korchevska\\_l\\_o\\_bezpekoznavstvo\\_v\\_ramkah\\_h\\_naukovikh\\_kartin\\_svitu/10-1-0-328](http://thesis.at.ua/publ/2014_r_bezpekoznavstvo_teorija_ta_praktika_15_03_15_04/korchevska_l_o_bezpekoznavstvo_v_ramkah_h_naukovikh_kartin_svitu/10-1-0-328)
10. Ліпкан В. А. *Безпекознавство: навч. посіб.* Київ: Видавництво Європейського університету. 2003. 208 с.
11. Мойсеєнко І. П. "Адаптивне управління в системі економічної безпеки". *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ*. 2016. № 1. С. 102–111.
12. Мойсеєнко І. П. *Управління інтелектуальним потенціалом: монографія*. Львів: Аверс. 2007. 304 с.
13. *Научная картина мира. Визуальный словарь*. Режим доступа: <http://fil.vslovar.org.ru/735.html>.
14. Овчаренко Є. І. "Сучасна безпекологія: основні онтологічні протиріччя на напрямки їх вирішення". *БІЗНЕСІНФОРМ*. 2016. № 11. С. 8–14.
15. Оксенюк С. Г. *Класифікація кластерів в системі економічної безпеки держави*. Режим доступу: <http://www.economy-confer.com.ua/full-article/1983/>.
16. Орлик О. В. *Кластери – нова ринкова форма економічного розвитку територій*. Режим доступу: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/503/1.pdf>.
17. Рач В. А. "Сучасний погляд на систему економічної безпеки "держава – регіон – підприємство" як цілісного об'єкту безпекології". *Управління проектами та розвиток виробництва: Збірник наукових праць*. Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 2012. № 4 (44). С. 151–156.
18. Решетило В. П. Економічна синергетика реалізації ринкового потенціалу інституціональних систем: автореферат на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.01.01 – економічна теорія. Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна. Харків. 2006. 34 с.

19. Ляшенко О. М., Погорелов Ю. С., Безбожний В. Л. та ін.; за заг. ред. Козаченко Г. В. *Система економічної безпеки: держава, регіон, підприємство: монографія: у 3 т.* Т. 1. Луганськ: Елтон. 2010. 282 с.
20. Ляшенко О. М., Погорелов Ю. С., Шаріпова О. С. та ін.; за заг. ред. Козаченко Г. В. *Система економічної безпеки: держава, регіон, підприємство: монографія: у 3 т.* Т. 2. Луганськ: ТОВ "Віртуальна реальність". 2012. 318 с.
21. Шевченко А. В. "Теоретико-методологічні основи формування кластерної моделі в розвитку економіки". *Ефективна економіка: електронне наукове фахове видання*. 2014. № 2. Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3662>.
22. Шульженко Л. Є. "Екосесент як галузь знань безпекознавства". *Управління проектами та розвиток виробництва: Збірник наукових праць*. Луганськ: Видавництво Східноукраїнського університету ім. В. Даля. 2013. № 2 (46). С. 142–147.
23. Green, R. J., Newbery, D. M. (1991), "Competition in the British Electricity Spot Market". *The Journal of Political Econ.* Vol. 100. No. 5. P. 245–254.
24. Jarugowa, A. (2002), *Rachunkowość i zarządzanie kapitałem intelektualnym*. Gdańsk : ODDK J& Fijałkowska. 164 p.
25. Kasiewicz, S., Rogowski, W., Kiciński, M. (2006), *Kapitał intelektualny – spojrzenie z perspektywy interesariuszy*. Krakow : *Oficyna Ekonomiczna*. 288 p.

## References

1. Androschuk, H. A., Krajnev, P. P. (2000), *Economic security of the enterprise: protection of trade secrets* [Економічна безпека підприємства: захист комерційної тайни]. Kyiv: Yzdatel'skyj dom "Yn Yure". 400 p.
2. Atamanov, A. G. (2010), "The main types of security of anthropic systems and their hierarchy". *Security Issues*. No. 2 (10). Available at : [www.naukaxxi.ru/materials/257](http://www.naukaxxi.ru/materials/257).
3. Heets, V. M., Semynozhenko, V. P. (2006), *Innovative perspectives of Ukraine*. Kharkiv: Constant. 278 p.
4. Goshovska, O. V., Lymansky, A. M., Poplavskaya, Zh. V. (2011), *Synergism in Strategic Management: Monograph*. Lviv: Manuscript. 284 P.
5. Ilyashenko, O. V. (2016), Methodological principles of formation and functioning of mechanisms of the system of economic security of the enterprise: a thesis for obtaining a scientific degree of the doctor of economic sciences in specialties 08.00.04 - economy and management of enterprises (by types of economic activity) and 21.04.02 - economic security of subjects business activity. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. Severodonetsk. 606 p.
6. Kozachenko, A. V., Ponomarev, V. P., Lyashenko, A. N. (2003), *Economic security of the enterprise: the essence and mechanism of support*. Kiev: Publishing house "Libra". 280 p.
7. Kozachenko, G. V. (2013), Economic security as a fundamental category of safetyology. *Materials of the First All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference "Security Science: Theory and Practice"*, 15.03-15.04 2013. Available at: [http://thesis.at.ua/publ/bezpekoznavstvo\\_teoriya\\_ta\\_praktika/kozachenko\\_g\\_v\\_ekonomichna\\_bezpeka\\_jak\\_fundamentalna\\_katego\\_riya\\_bezpekologiji/4-1-0-169](http://thesis.at.ua/publ/bezpekoznavstvo_teoriya_ta_praktika/kozachenko_g_v_ekonomichna_bezpeka_jak_fundamentalna_katego_riya_bezpekologiji/4-1-0-169)
8. Kozachenko, G. V., Kuzmenko, O. M. (2013), "Ekslynarnyy basis of the ecosanteth: a principle approach to the content". *Economy. Management. Entrepreneurship: Collection of scientific works*. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. No. 25. Part I. Lugansk: SNU them. V. Dal. P. 209-217.
9. Korchevskaya, L. O. Secure science in the framework of scientific pictures of the world. *Materials of the 2nd All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference "Security Science: Theory and Practice"*, 15.03-15.04. Available at: [http://thesis.at.ua/publ/2014\\_r\\_bezpekoznavstvo\\_teoriya\\_ta\\_praktika\\_15\\_03\\_15\\_04/korchevska\\_l\\_o\\_bezpekoznavstvo\\_v\\_ramkak\\_h\\_naukovikh\\_kartin\\_svit/10-1-0-328](http://thesis.at.ua/publ/2014_r_bezpekoznavstvo_teoriya_ta_praktika_15_03_15_04/korchevska_l_o_bezpekoznavstvo_v_ramkak_h_naukovikh_kartin_svit/10-1-0-328)
10. Lipkan, V. A. *Security Studies: Teach. Manual*. Kyiv: Publishing House of the European University. 208 p.
11. Moiseenko, I. P. (2016), "Adaptive management in the system of economic security". *Scientific herald of Lviv State University of Internal Affairs*. No. 1. P. 102–111.
12. Moiseenko, I. P. *Management of intellectual potential: a monograph*. Lviv: AverP. 304 p.
13. *Scientific picture of the world. Visual dictionary*. Available at: <http://fil.vslovar.org.ru/735.html>.
14. Ovcharenko, Ye. I. (2016), "Modern safetyology: the main ontological contradictions in the direction of their solution." *BUSINESSINFORM*. No. 11. P. 8–14.
15. Okseniuk, P. G. *Classification of clusters in the system of economic security of the state*. Available at: <http://www.economy-confer.com.ua/full-article/1983/>.
16. Orlik, O. V. *Clusters - a new market form of economic development of territories*. Available at: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/503/1.pdf>.
17. Rach, V. A (2012), "Modern view on the system of economic security" state - region - enterprise "as a holistic object of security science." *Project Management and Production Development: Collection of Scientific Papers*. Lugansk: Publishing House of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. No. 4 (44). P. 151–56.
18. Reshetylo, V. P. (2006), Economic synergetics realization of the market potential of institutional systems: the author's abstract for obtaining a scientific degree of the doctor of economic sciences in the specialty 08.01.01 - economic theory. Kharkiv National University named after. V. N. Karazin. Kharkov. 34 p.
19. Lyashenko, O. M., Pogorelov, Yu. P., Bezlozhsky, V. L. and others; per community Ed. Kozachenko, G. V. *System of economic security: state, region, enterprise: monograph: 3 tons*. Vol. 1. Lugansk: Elton. 282 p.
20. Lyashenko, O. M., Pogorelov, Yu. P., Sharipova, O. P. and others; per community Ed. Kozachenko, G. V. *System of economic security: state, region, enterprise: monograph: 3 tons*. Vol. 2. Lugansk: "Virtual reality" Ltd. 318 p.
21. Shevchenko, A. V. (2014), "Theoretical and Methodological Foundations of the Formation of a Cluster Model in the Development of the Economy". *Effective economy: electronic scientific professional edition*. No. 2. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3662>.
22. Shulzhenko, L. E. (2013), "Ecosuccess as a branch of knowledge of safety science". *Project Management and Production Development: Collection of Scientific Papers*. Lugansk: Publishing House of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. No. 2 (46). P. 142–147.
23. Green, R. J., Newbery, D. M. (1991), "Competition in the British Electricity Spot Market". *The Journal of Political Econ.* Vol. 100. No. 5. P. 245–254.

24. Jarugowa, A. (2002), *Rachunkowość i zarządzanie kapitałem intelektualnym*. Gdańsk: ODDK J & Fiałkowska. 164 p.
25. Kasiewicz, S., Rogowski, W., Kiciński, M. (2006), *Master in the intellectual - spojrzenie z prospective interest*. Krakow: Oficyna Ekonomiczna. 288 p.

Received 20.09.2017

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

**Аванесова Ніна Едуардівна** – доктор економічних наук, доцент, Харківський національний університет будівництва та архітектури, професор кафедри фінансів та кредиту, м. Харків, Україна; e-mail: ninelka28@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3636-9769.

**Аванесова Ніна Едуардовна** – доктор економічних наук, доцент, Харківський національний університет будівництва та архітектури, професор кафедри фінансів та кредиту, г. Харків, Україна; e-mail: ninelka28@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3636-9769.

**Avanesova Nina** – Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor, Kharkiv National University of Construction and Architecture, Professor of the Department of Finance and Credit, Kharkiv, Ukraine; e-mail: ninelka28@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3636-9769.

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД НА ТЕОРИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Предметом** исследования является проблематика обеспечения экономической безопасности. **Цель** исследования заключается в изучении эволюционного пути теоретического обоснования проблематики обеспечения экономической безопасности с позиций "безопасности". В статье были использованы следующие **методы** теоретического и эмпирического исследования: логического обобщения - для обоснования актуальности темы, цели и задач исследования, для определения существенных признаков; анализа и синтеза - для характеристики теорий экономической безопасности. На современном этапе развития экономической науки в условиях нарастающих тенденций глобализации мирового хозяйства проблематика обеспечения экономической безопасности приобретает все более важное значение, ведь в Украине пока еще не создано продуманную, научно обоснованную и эффективную систему экономической безопасности, которая, с одной стороны, отражала бы национальные интересы в экономической сфере, а с другой – реально защищала их от возможных угроз. Впрочем, это не означает, что в научно-теоретическом плане отсутствуют наработки возможных моделей системы экономической безопасности. Проживая сегодняшние наши такие многоплановые дни, мы постоянно пересекаемся с безопасностью в том или ином контексте. Учитывая нынешнюю ситуацию в стране мы вынуждены обращать свое внимание на безопасность, учитывая все ее проявления: от страны к безопасности человека. В сфере науки о безопасности выделяются такие теории экономической безопасности, как: "безопасология", теории экосистем и экосистем, синергизма и кластеров. Теории обеспечения экономической безопасности прошли долгий эволюционный путь, что в значительной мере сказалось на их сущности: от противодействия сверхъестественным силам и природным угрозам в комплексных концепциях гармонизации и консолидации усилий государства и индивидуальных агентов в обеспечении устойчивого экономического развития субъектов хозяйственной деятельности. На основе систематизации теоретико-методологических представлений о феномене и проблематике безопасности и современных исследований по теории безопасности безопасность общества рассматривается как триада политической стабильности, экономического процветания и обороноспособности страны, к которой стремится личность и социальная система для самосохранения.

**Ключевые слова:** экономическая безопасность, обеспечение экономической безопасности, теории экономической безопасности, субъект хозяйственной деятельности, социально-экономическая система.

## ANALYTICAL VIEW ON THE THEORY OF ECONOMIC SECURITY

The **subject** of the study is the issue of ensuring economic security. The **purpose** of the study is to study the evolutionary path of theoretical substantiation of the problem of ensuring economic security from the standpoint of security science. The article used the following **methods** of theoretical and empirical research: logical generalization - to substantiate the relevance of the topic, the goals and objectives of the study, to determine the essential features; analysis and synthesis - to describe the theories of economic security. At the present stage of the development of economic science, in the context of the growing tendencies of globalization of the world economy, the issue of ensuring economic security is becoming increasingly important, since Ukraine has not yet created a well thought-out, scientifically substantiated and effective system of economic security, which, on the one hand, would reflect national interests. in the economic sphere, and on the other - actually protected them from possible threats. However, this does not mean that there are no scientific and theoretical plans for the development of possible models of the economic security system. As we live today, our so many days are constantly crossed with security in one context or another. Given the current situation in the country, we are forced to turn our attention to security, taking into account all its manifestations: from the country to human security. In the field of security science, the following theories of economic security, such as: security science, the theory of ecosystems and ecosesets, synergies and clusters are singled out. Theories of economic security have undergone a long evolutionary path that greatly affected their essence: from counteraction to supernatural forces and natural threats to integrated concepts of harmonization and consolidation of the efforts of the state and individual agents in ensuring sustainable economic development of economic entities. On the basis of systematization of theoretical and methodological ideas about the phenomenon and security issues and modern research on the theory of security, society's security is seen as a triad of political stability, economic prosperity and defense capability of a country to which a person and a social system aspire to self-preservation.

**Keywords:** economic security, economic security providing, theory of economic security, subject of economic activity, socio-economic system.

UDC 658.3.07

V. KYRIY, O. LIUBICHEVA, K. MOSKAVTSOVA

## STRATEGY OF HR DEVELOPMENT AT HIGH-TECH ENTERPRISES

The **subject** matter of the study is the mechanism of functioning and development of HR high-tech enterprise. In Ukraine, the most high-tech sector of the economy is represented by the information technology sector, namely the sub-sector of the development and implementation of information products and services. The relevance of researching HR processes in high-tech enterprises is due not only to the rapid growth of the IT sector of the Ukrainian market, but also to the need to study the work of the HR system taking into account the stages of the life cycle of such an enterprise. The development of a high-tech sector requires the continuous development of HR methods and tools. The **goal** of the work is to study the current state and directions of HR development in IT enterprises in accordance with the stages of the life cycle of such enterprises. The **objectives** of the work are to summarize the existing practical trends in HR and to study their structural characteristics; to improve the criterial approach to determining the relationship between the stage of the life cycle of a high-tech enterprise and the stage of development of the HR service. The general scientific and applied **methods** of theoretical and empirical research were used in the work: observation, comparison and analysis of empirical data, generalization, synthesis - for posing a problem, studying the laws of the development of the object of research; statistical - to assess the current state of the industry; graphic – to illustrate the results of the activities of enterprises and the formulation of findings of the studies. The **result** of the research is the formation of the fundamentals of a criterial approach to determining the relationship between the stage of the life cycle of a high-tech enterprise and the stage of development of the HR based on the ordering of existing trends in the field of HR. It is determined that strategic direction for modern enterprises is creation of HR-business partner, which will allow to solve complex problems of modern adaptive HR management tasks. The proposed indicators of HR performance evaluation depending on the stage of HR development.

**Keywords:** HR high-tech enterprises, evaluation of activity HR, stages of HR development, strategy of development HR.

### Introduction

In Ukraine, the IT sector is growing by almost 25% each year, and it has grown cumulatively by 10 times in the last ten years [1]. Such rate of growth determines the high level of competitiveness of high-tech enterprises. Along with the accumulation of financial resources, the feature of the manufacturing process at such enterprises is producing information and intellectual product, which sets the priority of human resources at IT-enterprises. Together with the growth of the market, an increase in the number of trained specialists, qualified professionals are increasingly required in the IT sphere. That is why competent human resources policy is a guarantee of the successful operation and high level of competitiveness of a high-tech IT enterprise.

The staff policy, in this case, is considered as the systematic managing the personnel of an enterprise by determining goals and methods for achieving them [2]. The urgency of the theoretical generalization and research

of HR-processes at high-tech enterprises is caused by the rapid growth of the IT sector of the Ukrainian market, the need to study the HR system in terms of the life cycle stages of such an enterprise. The development of the high-tech sector requires adapting HR methods and tools. The automation of HR processes is becoming more and more widespread [3], and at this stage of development, HR acquires the features of both management and service.

### The analysis of literary sources and problem statement

HR is a structural subdivision of an enterprise business line which systematically executes the function of personnel management of the enterprise. HR activities are diverse and multifunctional and are involved in all areas of the activities of the enterprise. Constant exaggerated development of the high technology field specifies the permanent adaptation of HR service. The main trends of HR operation at a high-tech enterprise are given in fig. 1:



**Fig. 1.** The main trends of HR operation (author's development based on) [2]

Each HR trend presented in Fig. 1 includes a number of tasks related to managing human resources. The urgent task of an HR-specialist is not only to hire an employee, thus filling the vacancy, but also to ensure its integration into the team, help realize professional skills and personal qualities, give an opportunity to improve qualifications and, finally, create a team of creators. Let us consider the tasks within the HR system for each trend (table 1).

**Table1.** *The characteristics of HR trends*

Trend	Tasks within the trend
Staff strategy	determining the objectives of the staff policy in accordance with the strategic objectives of an enterprise; human resources management within the framework of the objectives of staff policy
Staff planning	determining future quantity and quality of employees
Staff evaluation, training, development	conducting preliminary training; staff training; additional advanced training for prospective employees; recruitment
Recruiting	recruitment
Motivating, stimulating	selecting the methods of motivation; conducting incentive measures
Corporate culture	familiarizing new employees with corporate culture; integrating new employees into the company system; supporting corporate culture; holding events within the enterprise; assigning company goals to the goals of employees within the corporate management
Staff records management and staff accounting	timekeeping; distribution of employment; developing the mechanism of monetary reward for the work done

Modern trends of HR development within each trend enable distinguishing several essential features. Due to the high growth rates of demand for IT professionals, time for executing HR tasks is reduced and therefore they require automation. There is a large increase in a number of software developed for HR automation which gradually transforms all processes of interaction with employees into a completely new approach [4]. This trend affects the principles of recruitment as at present efficient employment is similar to the talent management.

The next major trend is the transformation of organizational culture. These are qualitative changes that lead to cross-functional interaction at enterprises of any size. HR becomes a separate brand which is targeted by specialists and this brand in view of dominating the service model of the IT business in Ukraine is a competitive advantage of the company [3].

**The goal and objectives of the study** are to study the current state and trends of HR development at high-tech enterprises according to the stages of the life cycle of such enterprises. The object of the research is the process of HR operation at a high-tech enterprise. The subject of the research is the principles and mechanism of the operation and development of HR high-tech enterprise.

#### **Materials and methods of the study**

In the course of researching general scientific and applied methods of economic analysis were used – observation, the comparison and analysis of empirical data - for problem statement, studying the laws of development of the object of research; statistical – for assessing the current state of the industry; graphical – for illustrating the results of enterprise activities and drawing conclusions of the research.

The works of Ukrainian and foreign scholars have become the informational and theoretical basis of the study.

#### **The results of the study**

Any development is characterized by a number of factors which, in turn, determine the development of both the whole system and its separate subsystems, structural and functional connections. Therefore, determining the structure of connections, the signs and factors that characterize the relationship between HR development and the life cycle stages of high-tech IT enterprise are of great interest.

Let us determine the level of HR development as the stage of management of the staff subsystem at an enterprise which corresponds to certain areas of work and life cycle of the enterprise itself. Basing on the operation of the subsystem of personnel management during the transition from the operational function to the implementation of strategic business tasks, the following levels of HR development at the enterprise should be highlighted:

- workforce management: at this level of development, at the enterprise, there is an office manager or recruiter whose responsibilities include recruitment, personnel management;

- staff management: there is an HR department which becomes responsible for optimizing a number of employees, maintains statistical records and basic HR communications with other enterprise systems;

- human resource management: at this level HR becomes a business partner, therefore, the employment and development of human resources of the enterprise is characteristic for this level [5].

The reasons for this division result from the goal of the study, that is to analyze and determine the relationship between the stages of HR development and the stages of the life cycle of the enterprise. In general, it should be noted that some researchers determine different stages in the development of the human resources management system, others assign them to the stages of the life cycle of the organization or company [6], still others characterize them separately [7]. Investigating factors that determine the level of HR development also points to their wide variety. I. Voronkov points to factors that characterize the level of development of the company – a number of employees, access to capital and determining objectives [6]; others point to the following factors – the level of

perception of HR functions by top management, teamwork skills, professionalism. K. Osadchuk, who is the well-known professional in this area, points to the factors that determine HR as the stage of business development, the maturity of management and the maturity of HR itself [8].

Summarizing the work of researchers, it can be pointed out that the above factors do not fully reflect the relationship between the level of HR development and its determinants for IT enterprises being considered. The correspondence of the suggested HR development levels at the enterprise and a set of determinants is presented in table 2.

**Table 2.** The ratio of the level of HR development and its determinants

Factor	HR development level		
	Workforce management	Staff management	HR management
Company goals and tasks	Extensive development	Extensive development Intensive development Maintaining the achieved position Reducing enterprise size	Intensive development Maintaining the achieved position Reducing the size of an enterprise
Enterprise size	small	medium, large	medium, large
The stage of company development	Development based on creativity	Development based on guidance Development based on delegation	Development based on coordination Development based on cooperation
Organizational structure	hierarchical	functional	functional
The level of HR-tasks complexity	monofunctional	multifunctional	multifunctional

The main factors are the business model, the size of the enterprise and the stage of its development as, due to their objectivity and validity, they are not affected by various external and internal factors in the short run. All other factors are subjective and can change at any stage of the life cycle of the enterprise in a rather short time.

Let us consider the strategy of development and trends of HR activities in interaction with the stages of development of hi-tech enterprises that are based on the Greiner model [9] which describes the stages of development of the IT enterprise in a sufficient way. This model consists of five stages of development and the transitions among them or crises. They can become both

an impact for further development and a reason for the business cessation [10].

The connection among the enterprise life cycle (ELS), HR development stage and its main trends are shown in table 3.

The distribution of HR responsibilities and authorities is presented in fig 2.

Top management of modern high-tech enterprises indicates that the HR-business partner helps provide leaving the regression stage since it enables distributing risks among all participants within the production process of the company. Therefore, any company should pursue catching up with this level of HR development. Let us detail the task of HR-business partner:

**Table 3.** The stages of the enterprise life cycles, HR development stage, and HR main trends

ELS stage	Development based on creativity	Development based on guidance	Development based on delegation	Development based on coordination	Development based on cooperation
HR development stage	Workforce management	Staff management		HR management (the level of a business partner)	
Main trends of operation	Recruiting Staff records management Staff accounting	Recruiting Staff records management Staff accounting Staff strategy Corporate culture development Staff planning Staff motivating and stimulating		Staff records management Staff accounting Corporate culture support Staff strategy implementation Staff evaluation, training, development	Staff accounting Corporate culture support Staff strategy implementation

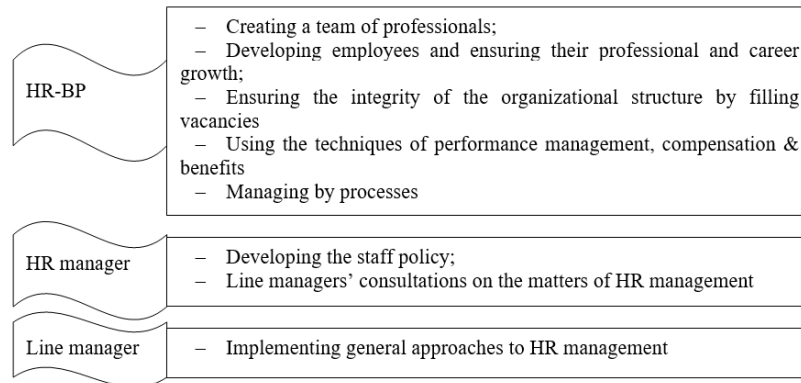


Fig. 2. Distribution of HR responsibilities and authorities

#### 1. Creating a team of professionals.

This is the primary link of the HR of a new generation where some HR workers acquire some elements of a business partner while they are basically performing the target task. At high-tech enterprises with a large number of creative workers, this aspect of HR work is very important as, in many cases, teamwork on long-term projects is required. The business partner provides integration of old and new employees, helps in solving probable conflicts among them.

#### 2. Developing employees and ensuring their professional and career growth.

HR-business partner permanently guides the increase of professional skills of the personnel. The creativity of the workers in the area is mostly supported and guided by their aspirations for development but the shortage of own resources (financial, temporal) reduces the activity of this direction. The task of HR is to identify prospective employees, provide them with the opportunity to study and develop, and monitor this process. The logical completion and further continuation of training is the career advancement of successful employees, the preparation of own personnel.

#### 3. Ensuring the integrity of the organizational structure by filling vacancies.

At any stage of the company life cycle, it is critical that the organizational structure of the enterprise matches its goals. The task of HR is to participate in the approval of the final version of the organizational structure of a high-tech enterprise and to redistribute human resources in the most optimal way.

#### 4. Using the techniques of performance management, compensation & benefits.

Performance management is, first of all, a mechanism of the remuneration for the work done as well as for the management of all resources of the enterprise including human resources that are aimed at effective interaction, the main principle of which is achieving the necessary result by developing the skills of employees, in particular, the ability to work in a team and by offering the corresponding remuneration.

Compensation & benefits are the HR technique which comprises both tangible (financial) and nontangible methods of remuneration (professional recognition and development) [11]. The efficiency of these techniques entirely depends on the processes of analysis, planning and predicting that are carried out by HR-business-partner. The conditions inside the company and in

companies-competitors as well as in the labour market in the corresponding segment should be analyzed.

#### 5. Managing by processes.

The process approach should become the basis and ground for determining the tasks of each structural unit of the company in a transparent way, which allows HR to monitor their tasks and processes, to know the processes of each employee and observe them.

HR-business-partner should be supported by techniques. Most high-tech enterprises use automated solutions for staff records management and calculation of salary and the automation of other HR-processes (recruitment, adaptation in the workplace, assessment, development, training, retention) is gathering speed. The automation of HR helps bring it to a new level of development in the context of the company growth as well as facilitate the execution of routine tasks. Recruiters actively begin to use HR-bots, i.e. a special kind of chatbots that perform a number of specific functions to automate the HR service partially [3]. The functions of HR-bots include:

- the interaction with applicants (quick response to applications, information about the company and requirements, feedback after testing);
- processing test results of applicants (analysis of test results);
- providing informing about vacancies or opportunities for career advancement (information distribution among applicants who have left their coordinates for employees).

Due to the fact that these bots are used to automate HR tasks, they have some advantages:

- the high speed of selecting candidates (several tens of times higher than when interviews or tests are conducted by a regular specialist);
- minimal costs (costs are much lower than the costs for a number of specialists who would perform the same amount of work within the same time).

Such bots also have disadvantages:

- the lack of personal evaluation;
- the impossibility to apply the knowledge and experience of a recruiter.

Despite the fact that the automation of HR tasks gives many advantages, chatbots are not able to replace the experts completely. In HR, a human factor has a large share and this allows HR-bots to replace specialists only in some tasks and, as a rule, only at the initial stages. Also, at this stage of development, a significant place is

occupied by talent management systems in the automation of HR. Such programmes help automate the management of employee training, monitoring learning outcomes, bonus calculation, and so on.

It is important not only to identify the stage of the HR development but also to monitor its activities. Economic science has developed a large number of criteria that determine the quality of HR work. It is convenient to evaluate HR using not individual criteria but their groups. These groups of criteria reflect the use of employees' skills, abilities and personal qualities for performing official duties and solving professional tasks. The criteria are divided into three groups:

1. Corporate criteria that are basic competence not only for HR but also for any employee whose competence is related to the key characteristics of the company and its values. They include focusing on the outcome, high professionalism, initiative, teamwork, business aggressiveness, loyalty and motivation to train and learn.

2. Professional criteria for HR that include gathering information on the state of the market, its analysis, predicting; planning the solution of tasks within different HR trends; making professional decisions.

3. Real results. This group of criteria covers a wide range of different indicators of HR efficiency depending on the activity.

The evaluation of HR activities for an IT enterprise has a number of features related to the specificity of the industry that also dictates the need for careful selection of the indicators of HR efficiency. This process takes place at several stages:

1. Determining the goal of the evaluation of HR activities.

There are many goals for evaluating HR. They include:

- selecting the tactics of HR development (in the context of temporary changes in the staff policy or when the changes in HR policy is necessary in the short run);
- selecting the strategy for HR development (changes in the long run, if necessary);
- general monitoring (evaluation of HR at the current moment);
- analyzing the activities of all departments of the enterprise;
- anti-crisis analysis;
- analysis during the reorganization / restructuring of the enterprise.

There are several approaches to determining the stage of an enterprise development. The main one is the quantitative and qualitative approach. The quantitative approach lies in the dynamic evaluation of the enterprise

performance. This dynamics is associated with the stage of development of a high-tech enterprise. When applying the qualitative approach, the current state of the enterprise is compared to different stages of the enterprise development on the qualitative level and the appropriate one is selected. However, using the mixed approach is the most reliable. Quantitative indicators can grow due to external changes, for example, the expansion of the market at the expense of new consumers. Qualitative changes in this aspect are more reliable, but they do not have the quantitative reinforcement unless a mixed approach is used. This approach can reliably determine the stage of development of a high-tech enterprise. The following stages are distinguished (according to the Greiner model):

- development based on creativity;
- development based on guidance;
- development based on delegation;
- development based on coordination;
- development based on cooperation.

3. Selecting corresponding indicators for evaluating HR operation.

When selecting the indicators for evaluating HR operation, it is appropriate to use three groups of criteria. When evaluating the indicators of all three groups of criteria, the analysis is the most effective.

4. Calculating the selected indicators.

The indicators can be calculated both at a certain moment of time and for any period. It is recommended to calculate the indicators over time periods as during the analysis the obtained results can be compared with the results obtained within past periods and consider the factors that affected these results.

5. Analyzing the results obtained.

The obtained results can be analyzed both by top managers and HR-managers. The responsibilities of HR-business partner include evaluating the HR activities and analyzing the results.

6. Applying the analysis of the research.

This stage is final; it is the most important one in the process of evaluating HR activities. According to the obtained results and their analysis, the management makes decisions in accordance with the purpose of evaluating HR activities, which initially had to be supported by the results of this evaluation.

In its general view, the process of evaluation of the HR activities at an IT-enterprise is shown in fig. 3.

The evaluation of HR activities at an IT enterprise has a number of features related to the specifics of the industry and also the stage of development of the enterprise.

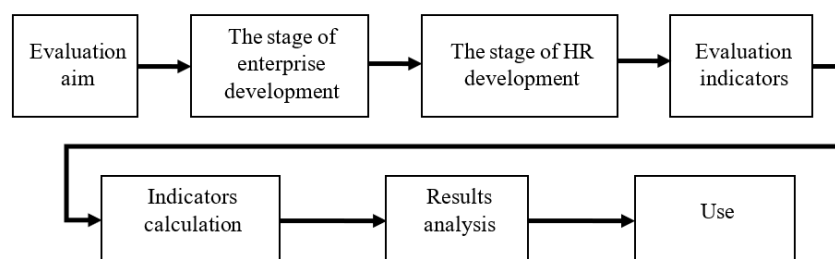


Fig. 3. The process of evaluating the HR activities at a high-tech enterprise

The indicators of HR efficiency in the IT sphere should be comprehensive taking into account the high level of technology of the industry. The processes and trends of HR-services operation change at different stages of the life cycle of the enterprise. Therefore, it is inefficient to evaluate HR activity using the same indicators constantly. They can be tracked for each individual employee, for each trend of operational and throughout the whole department or direction. Primary indicators are presented in table 4.

**Table 4.** The indicators of the efficiency evaluation of the HR-system activities at a high-tech enterprise

The stage of high-tech enterprise development	Indicators of the efficiency evaluation of the HR-system activities
Development based on creativity	The rate of vacancies filling Executing the recruitment plan
Development based on guidance	The percentage of employees who underwent a probation period Executing the recruitment plan The total idle time of vacancies
Development based on delegation	The average length of employment The percentage of applicants from companies-competitors
Development based on coordination	Subjective evaluation of top and middle-management
Development based on cooperation	A number of recruitment methods

### Conclusions

The staff policy of a high-tech enterprise determines the trend of its development and the level of competitiveness. The work deals with the current state and HR trends in high-tech enterprises, the ratio of the level of HR development and the life cycle stage of such an enterprise, the process of evaluation of HR-service activity. As a result, the available practical HR trends were summarized.

There is a close connection between the stage of the life cycle of a high-tech enterprise and the level of HR development at this enterprise. The criterial approach to determining the connection between the stage of the life cycle of a high-tech enterprise and the stage of HR service development is improved. The level of development is determined by a set of factors; the main ones are the

business model, the size of the enterprise and the stage of its development. The most important factor for the enterprise is the level of HR-business-partner.

This level should be supported up by techniques. The automation of HR helps bring it to a new level of development with the corresponding growth of the company as well as facilitate the execution of routine tasks.

Evaluating the HR activities at a high-tech enterprise is an integral part of its business processes. Depending on the stage of development of the enterprise and the level of HR development, different indicators for the evaluation can be selected. The analysis of the results and their application enables making the strategy of HR development at a high-tech enterprise flexible, which allows the company to adapt to internal and external changes fast.

### References

- Labor market 2017: 27% growth, deficit of IT specialists, relocation of lords [Rynek truda 2017: rost 27%, defitsit IT-spetsialistov, relokatsiya sen'orov]. Available at : <https://dou.ua/lenta/articles/jobs-and-trends-2017/?from=doufp>.
- Yevtushenko, V. A., Posilkina, O. V., Egorova, O. Yu. (2003), *Labor Economics*: Textbook [Ekonomika pratsi: navchalnyy posibnyk]. Kharkiv: Golden Pages. 208 p.
- The Seven Major HR Trends of 2017 [Sem' glavnykh HR-trendov 2017 goda]. Conference "HeadHunter". Available at : <https://hh.ru/article/505218>.
- L'vova, A. Technological HR or Perfect HR? [Tekhnologichnyy HR ili Ideal'nyy HR?]. Available at : <http://hbr-russia.ru/upload/iblock/1c8/1c8e89416c057fa41a54b0546cb09428.pdf>.
- Mostovaya, Ye. V. (2016), *HR-Generalist: a textbook*. Kharkiv.
- Stages of HR department development [Etapy razvitiya HR-podrazdeleniya]. Available at : <http://www.ht.ru/cms/component/content/article/1-aricles/101408--hr-hr->
- Business and HR: development trends [Biznes i HR: tendentsii razvitiya]. Available at : <http://mainjob.ru/publications/?view=6678>.
- HR in IT: from beginner to business partner [HR v IT: ot novichka do biznes-partnera]. DOU. Available at : <https://dou.ua/lenta/columns/hr-br-in-it/>.
- Greiner, L. (1972), "Evolution and revolution as organizations grow". *Harvard Business Review*. Vol. 50. No. 4. P. 37–46.
- Kiriy, V. V., Lyubicheva, O. I., Moskvatsova, Ye. O. (2017), "Research of factors of competitiveness of the hi-tech enterprises in dynamics of stages of a life cycle" ["Issledovaniye faktorov konkurentosposobnosti vysokotekhnologichnykh predpriyatiy v dinamike etapov zhiznennogo tsikla"]. *Biznesinform*. No. 5. C. 172–178.
- Zaffron, L., Steve, D. (2009), *Performance Management: The Three Laws of Performance: Rewriting the Future of Your Organization and Your Life*. John Wiley & Sons. 256 p.

Received 11.10.17

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

**Кири́й Валенти́на Васи́лівна** – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою, м. Харків, Україна; e-mail: [valentyana.kyriy@nure.ua](mailto:valentyana.kyriy@nure.ua); ORCID: 0000-0002-2537-264X.

**Кири́й Валенти́на Васи́льевна** – кандидат экономических наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, доцент кафедры экономической кибернетики и управления экономической безопасностью, г. Харьков, Украина; e-mail: [valentyana.kyriy@nure.ua](mailto:valentyana.kyriy@nure.ua); ORCID: 0000-0002-2537-264X.

**Kyriy Valentyna** – PhD (Economics), Associate Professor, Kharkiv National University of Radioelectronics, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security, Kharkiv, Ukraine; e-mail: valentyna.kyriy@nure.ua; ORCID: 0000-0002-2537-264X.

**Любічева Ольга Ігорівна** – Харківський національний університет радіоелектроніки, студентка кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою, м. Харків, Україна; e-mail: olha.liubicheva@nure.ua; ORCID: 0000-0002-7250-2929.

**Любічева Ольга Ігорівна** – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, студентка кафедры экономической кибернетики и управления экономической безопасностью, г. Харьков, Украина; e-mail: olha.liubicheva@nure.ua; ORCID: 0000-0002-7250-2929.

**Liubicheva Olga** – Kharkiv National University of Radioelectronics, Student of the Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security, Kharkiv, Ukraine; e-mail: olha.liubicheva@nure.ua; ORCID: 0000-0002-7250-2929.

**Москавцова Катерина Олегівна** – Харківський національний університет радіоелектроніки, студентка студентка кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою, м. Харків, Україна; e-mail: moskavkate@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1980-9200.

**Москавцова Екатерина Олеговна** – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, студентка кафедры экономической кибернетики и управления экономической безопасностью, г. Харьков, Украина; e-mail: moskavkate@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1980-9200.

**Moskavtsova Kateryna** – Kharkiv National University of Radioelectronics, Student of the Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security, Kharkiv, Ukraine; e-mail: moskavkate@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1980-9200.

## СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ HR НА ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАМ

**Предметом** дослідження є механізм функціонування та розвиток HR високотехнологічного підприємства. В Україні в найбільшій мірі високотехнологічний сектор економіки представлений сектором інформаційних технологій, а саме підгалуззю розробки та впровадження інформаційних продуктів та сервісу. Актуальність дослідження HR-процесів на високотехнологічних підприємствах зумовлена не лише швидкими темпами зростання IT-сектору українського ринку, але й також необхідністю дослідження роботи системи HR з огляду на етапи життєвого циклу такого підприємства. Зростання високотехнологічного сектору потребує невинного розвитку методів та засобів роботи HR. **Метою** роботи є дослідження сучасного стану та напрямів розвитку HR на IT підприємствах у співвідношенні до етапів життєвого циклу таких підприємств. **Завдання** роботи – узагальнення існуючих практичних трендів у сфері HR та дослідження їх структурних характеристик; вдосконалення критеріального підходу до визначення зв'язку між етапом життєвого циклу високотехнологічного підприємства та стадією розвитку HR-служби. У роботі були використані загальнонаукові й прикладні методи теоретичного та емпіричного дослідження: спостереження, порівняння та аналізу емпіричних даних, узагальнення, синтезу – для постановки проблеми, вивчення закономірностей розвитку об'єкта дослідження; статистичні – для оцінки сучасного стану галузі; графічні – для ілюстрації результатів діяльності підприємств і оформлення висновків проведених досліджень. **Результатом** дослідження є формування основ критеріального підходу до визначення зв'язку між етапом життєвого циклу високотехнологічного підприємства та стадією розвитку HR на основі впорядкування існуючих трендів у сфері HR. Визначено, що стратегічним напрямом для сучасних підприємств є створення HR-бізнес-партнера, що дозволить комплексно вирішувати сучасні задачі адаптивного управління HR. Запропоновані показники оцінки ефективності діяльності HR в залежності від стадії розвитку HR.

**Ключові слова:** HR високотехнологічних підприємств, оцінка діяльності HR, етапи розвитку HR, стратегія розвитку HR.

## СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ HR НА ВИСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**Предметом** исследования являются механизм функционирования и развитие HR высокотехнологического предприятия. В Украине в наибольшей степени высокотехнологический сектор экономики представлен сектором информационных технологий, а именно подотраслью разработки и внедрения информационных продуктов и сервиса. Актуальность исследования HR-процессов на высокотехнологических предприятиях обусловлена не только быстрыми темпами роста IT-сектора украинского рынка, но также необходимостью исследования работы системы HR учитывая этапы жизненного цикла такого предприятия. Рост высокотехнологического сектора требует непрерывного развития методов и средств работы HR. **Целью** работы является исследование современного состояния и направлений развития HR на IT предприятиях в соответствии с этапами жизненного цикла таких предприятий. **Задачи** работы – обобщение существующих практических трендов в сфере HR и исследование их структурных характеристик; усовершенствование критерияльного подхода к определению связи между этапом жизненного цикла высокотехнологического предприятия и стадией развития HR-службы. В работе были использованы общенаучные и прикладные методы теоретического и эмпирического исследования: наблюдение, сравнение и анализ эмпирических данных, обобщение, синтез – для постановки проблемы, изучения закономерностей развития объекта исследования; статистические – для оценки современного состояния отрасли; графические – для иллюстрации результатов деятельности предприятий и оформления выводов проведенных исследований. **Результатом** исследования является формирование основ критерияльного подхода к определению связи между этапом жизненного цикла высокотехнологического предприятия и стадией развития HR на основе упорядочения существующих трендов в сфере HR. Определено, что стратегическим направлением для современных предприятий является создание HR-бизнес-партнера, что позволит комплексно решать современные задачи адаптивного управления HR. Предложены показатели оценки эффективности деятельности HR в зависимости от стадии развития HR.

**Ключевые слова:** HR высокотехнологических предприятий, оценка деятельности HR, этапы развития HR, стратегия развития HR

UDC 658.589

I. KUZNETSOVA

## FORMALIZING THE TECHNOLOGY OF MANAGEMENT AS A CONSTITUENT OF THE ORGANIZATION CORE CAPABILITIES

The article considers technology as a component of organization core capabilities. The technology is broadly described as a set of formalized knowledge. The main task of any technology is framed; this task involves determining the structure of a process and the methods by which its individual operations are carried out. The term “management technology” is defined. As opposed to the available definitions, the new one emphasizes a set of formalized knowledge about the implementation of the process of management in regard to the composition and sequence of its stages and operation, the list of input and output information on operations, the description of methods for obtaining and transforming input information and professional qualification requirements to managerial staff. It is proved that management technology allows managers to execute clearly coordinated actions without additional instructions via formalizing. It is justified that the knowledge of management technology should be formalized according to the logical patterns of the management process and its stages, reflecting the structure of the process and the relationship among its components. Using a special form of an information model – the informogram of the management process is suggested as a way of formalizing; it contains information on the composition and methods of executing each stage and operation. The stage of the management process, that is monitoring, is formalized. The composition of strategic monitoring operations is determined; these operations are scanning the external environment of the direct action, interpreting information on the external environment of the direct action, scanning the external environment of the indirect influence, identifying significant weak signals, scripting, composing industrial success factors. The logical pattern of the implementation of strategic monitoring and its informogram are suggested. They make up the monitoring technology as the stages of the management process and appear as the formalized knowledge of its implementation. Thus, the organizational routine describing the sequence of standard operations which provide an opportunity to coordinate the activities of management personnel is obtained.

**Keywords:** management technology, stage and operation of the management process, competitive advantage, monitoring.

### Introduction

The present time is characterized by the process of globalization, which gradually erases regional and national boundaries. Powerful global companies that had entered the domestic market radically changed the conditions and ways of doing business and raised the problem of creating sustainable competitive advantages of domestic enterprises. The basis of their adaptive diffusion in the competitive environment under the conditions of rapid changes in the environment is the competition not only of goods and services but also innovative management methods.

### Analysis of scientific sources and problem statement

In the last ten years, the resource approach has become the dominant paradigm of the strategic management in creating competitive advantages. Due to this, the concept of “core capability of the organization” as a set of business processes has been introduced into scientific discourse [1, c.519; 2, c.156-181; 3, c.20-30].

Some theoreticians in the area of the resource approach regard sustainable competitive advantages as a skillful use of resources, but the article considers the “capability of an organization” not as a combination of business processes that create the opportunity to succeed, but as the capability to perform any kind of activity (business process) efficiently, that is, the capability does not lie in the composition of business processes, but in their implementation. Two components of the organization capabilities were previously studied: technology and personal competence of the personnel [4, c. 55].

Modern methodological approaches to the identification of the key capabilities of the organization

[2, p. 155–181; 3, p.20–30] are based on the concept of the value chain introduced by M. Porter, which represents the activity of an enterprise as a number of typical activity that creates value [5, c. 38]. Five primary activities that directly relate to manufacturing the product and four secondary or supporting activities that ensure the factors of production are identified in the suggested model.

This model has become the basis for many modern concepts: competitive advantages, reengineering, value chain, organization capability. However, it has a significant disadvantage: there is no management process among the value chain processes.

Management is the most important process in creating the value of an organization. All tangible and intangible assets of the firm are activated by managers who perform managerial functions. As a result, managers integrate all kinds of resources (natural, capital, raw material, human, financial, informational, intellectual), which enables performing operational processes, that is designing new products, exploring the market, providing with supplies, manufacturing products, selling and ensuring after-sales service.

Thus, it can be concluded that the management is an activity that drives the mechanism of obtaining the value of products in the chain of its creation and enables doing it better than competitors, that is, increasing the competitiveness of an organization.

Therefore, the management is considered as the key capability of an organization will enable obtaining the source for creating a unique competitive advantage, which requires, first and foremost, defining its component – the technology of management.

**The goal and objectives** are to determine the content of the technology of management and frame the means of its formalizing.

---

### Basic material

---

Solving the problem of designing the technology of management technology requires determining the content of this definition. Nowadays, the common point of view is making the connection of management technology with the process of making managerial decisions [6, p. 237]. It is inappropriate and is caused by:

- the confusion of the notions of “process” and “process technology”;
- the lack of a clear definition of the mentioned notions and boundaries of the management process.

Technology can be broadly defined as a set of formalized knowledge about the process execution. J. Henry divides the technology into three main components [7, c. 139]:

- the material and energy component that is technical and energy supplies. It is considered as a complex of technical means, tools, equipment, devices, power equipment that have certain parameters and characteristics which meet the standard requirements of this technology;
- the informational component that represents a set of knowledge about the means of technological, energy and information support, and about the materials being processed. This knowledge is embodied in the form of descriptions, drawings, requirements, standards, norms, instructions for the use of the listed assets and their repair, software, know-how, etc., which is assigned to this technology in the form of knowledge and is finally embodied in the general notion of the use this technology;
- the human component that is a set of requirements for users of this technology according to the level of general and professional education, qualifications, professional skills, the readiness of users, and so on.

It should be noted that the article deals with the technology of operational processes that cover the stages of processing raw materials into products that can have a nature of physical transformation as a result of production, a change of location as a result of transportation and warehousing as a result of storing services.

The basic components of the technology of operational processes are the formal requirements for the equipment used in the process; raw materials, semi-finished products and means of their processing during each technological operation and the qualification of the personnel performing technological operations.

Since the process is considered as a sequence of executing a set of operations for converting inputs into desired outputs, the main task of any technology is to determine the structure of the process and the methods that are used to perform its individual operations, which finally will increase the efficiency of the process.

The process of management is significantly different from the operating processes, so its important characteristic is the composition and methods of information transformation.

Taking into consideration all the stated above, the technology of management can be defined as a set of formalized knowledge about the execution of the process of management that includes the composition and sequence of elements execution (stages and operations), a list of input and output information according to

operations, the description of the methods for obtaining and transforming input information, determining technical means as well as professional and qualification requirements for managing personnel.

Thus, management technology allows managers to execute clearly coordinated actions without additional instructions and recommendations because of their formalization. If mastering managerial skills is developed on the basis of the principle of “learning during work”, the knowledge that lies at the bottom of their execution remains implicit, so they are difficult to reproduce.

The knowledge should be systematized, that is typical procedures should be formalized for its efficiency. The technology of management solves this task and becomes the holder of so-called organizational routines or “a certain sequence of coordinated actions of people” [2, p. 157].

The achievement of the best results of production and economic activity of the enterprise is known to be linked with making efficient managerial decisions which are the result of using the rational management technology.

According to the theoretical foundations of the industrial engineering, the technology can be considered as rational if it meets the following requirements:

- the objective composition of stages and operations of the process, which provides the shortest way of transforming input information;
- the specialization, that is consolidating homogeneous procedures or processing homogeneous information at certain stages and operations of the management process;
- the minimum of links among the process components;
- the establishment of rational methods for implementing the stages and operations of the management process.

Basing on the definition of management technology and the requirements for its rationality, the formalization of knowledge of management technology should be carried out according to logical patterns of the management process and its stages. Such patterns should reflect the structure of the management process and the interconnection among its components.

The technology fulfils its main purpose – the establishment of rational methods of performing operations – not only by establishing certain methods but also by establishing method targeting, that is detecting particular methods suitable for certain operations. To do this, a special form of the information model is suggested. This is the informogram of the management process that contains information on the content and the composition of the methods of implementation for each stage and operation. At the same time, the targeted list of methods in informograms enables determining the qualification and professional requirements for personnel, which is one of the formalized basic components of the management technology.

The typical stages of the management process were identified in previous studies [8]; the significance of the stage of monitoring increases due to increasing the

---

importance of making preventive managerial decisions at some stages.

The development of monitoring technology requires solving the problem of the composition of the information that is necessary for its implementation. It is caused by the question – what type of information should be collected if the nature of the decisions on changes in the activity of the enterprise is not known in the context of the factors of the environmental impact. This problem illustrates a distinctive feature of monitoring. Information support for any decision requires a clear definition of the nature and amount of information that enables outlining the boundaries of its search. That is, the decision of the problem of information support of monitoring requires developing basic criteria for selecting the necessary information.

Its simplest solution is to obtain any information about the state of the environment. However, the simple solution in this case is not efficient as it can lead to the situation when the company may “drown” in the information noise, because, on the one hand, a certain amount of information can be excessive for the enterprise’s response to environmental impacts, and, on the other hand, some useful data may get lost in a load of unnecessary information. Consequently, the following conclusion can be made – monitoring should start from framing the boundaries of information collecting.

Solving such task according to the methodology of the system analysis should be based on the process of monitoring, which, in turn, corresponds to its type – strategic or current.

Basing on the conceptual model for developing key competitive advantages [4], it can be stated that the purpose of strategic monitoring is to determine the industry success factor (ISF) and the drivers that influence their change. Therefore, that the structure of force fields should be considered as an object of the strategic monitoring.

After the characteristics of the strength fields are determined, the intensity of their influence can be determined and, on this basis, ISF can be created as a counteraction to the cross-power field. Since the functional purpose of monitoring lies in the ability to predict changes in ISF, the external environment of indirect action should be the object of monitoring in addition to the sectoral force fields.

It should be noted that considering the environment of indirect action, scientists disagree on the list of its segments but hold a view that its each segment should be carefully studied, the main trends and mutual influence should be identified, and the trends of their development should be studied [9, p. 320; 10, p. 293]. But it is difficult to apply this approach practically due to the significant amount of information.

At the stage of strategic monitoring, not whole segments of the environment of indirect influence should be observed but only the driving forces that are developed within the environment. The driving forces are identified by weak signals that represent changes in the social demographic, economic, state, political, and scientific and technical spheres that can significantly affect the intensity

of industry force fields and through them the composition of industrial success factors.

Due to the fact that the impact of the indirect environment is homogeneous for enterprises of one industry, it seems appropriate to track weak signals based on industry characteristics after the characteristics of the industry force fields are studied and the intensity of their impact is assessed.

Summarizing the above, the tasks of strategic monitoring can be defined as follows:

- identifying weak signals;
- assessing the impact of weak signals on the intensity of individual industry force fields;
- identifying probable changes in the intensity of industry force fields.

All of the above can reasonably suggest the composition of strategic monitoring operations and the logic of their implementation.

#### *1. Scanning the external environment of the direct action.*

The operation is aimed at accumulating and systematizing information about the environment of direct influence.

Information from primary and secondary sources is collected with the help of known methods – special and documentary observations, surveys, questionnaires, content analysis. The accumulated data should be systemized according to the suggested map of the industry force fields and their characteristics.

#### *2. Interpreting information on the external environment of the direct action.*

The intensity of the impact of each industry force field should be assessed during the operation.

Suggested characteristics of industry force fields enable describing them, which is the basis for assessing. Further actions should be aimed at direct measurement of force fields. At this step, there is a problem related to the lack of a scale for measuring fields of similar nature. The intensity of their action can only be determined as strong, weak, medium, difficult to identify.

In this connection, the theory of fuzzy sets and fuzzy logic is suggested for measuring the industry force fields. Below, the method for measuring power fields is suggested; this method is developed with the use of fuzzy logic and enables performing the measuring operation to the fullest extent.

#### *3. Scanning the external environment of the indirect action.*

Since the environment of indirect action is very wide and affects the enterprise indirectly through industry force fields, only weak signals should be identified in the process of its scanning in contrast to the similar operation in the environment of direct action where information on the characteristics of each field is collected. They are identified as changes in the corresponding segments of the environment which can shift the intensity of the action of industry force fields.

The operation is executed using the methods that are used while scanning the external environment of direct action.

#### 4. Identifying significant weak signals.

Not all detected weak signals can be significant for the studied industry. Consequently, the following problem should be solved – whether detected signals can act as a driving force in relation to the system of industry force fields.

This problem can be solved by iterative launching the procedure for assessing the intensity of industry force fields using the suggested method. The procedure involves reviewing the characteristics of force fields that can be changed under the influence of a single weak signal and a re-assessing the intensity of the action of the industry force fields. The resulting assessment of industry fields based on the effect of a weak signal should be compared with the results of the operation “interpreting information on the external environment of the direct action”. If the results do not differ, the detected signal is not significant for the industry. Conversely, while detecting shifts in force fields, a weak signal should be considered as significant.

The procedure is repeated for all weak signals that have been detected.

#### 5. Scripting.

Weak signals are only indicators of potential changes in the environment of indirect action which can grow in several possible ways. Therefore, they should be predicted. In this case, the efficient method is scripting – “describing future situations and ways that lead to them” [11, с.28].

While scripting, experts determine the factors that can intensify or weaken the detected signal and create further options on this basis. Finally, the content of the script is always created on the answers to the question “what will happen, if”. The assumptions that describe the conditions of future events are made in this way.

It is fair to assume that the developed scripts can be used for the next multivariate planning. However, the practice of planning proves that this way is quite labour-intensive and costly and contradicts the principle of cost-effective planning. Therefore, scripts should be assessed and the most probable one should be used in the future. Such script is called basic.

Other scripts are alternative. They describe the probable development of the external environment under the conditions of significant deviations of some influential factors from the baseline script.

The following methods are used for scripting: cause-and-effect diagrams, morphological analysis, situation modelling as well as special methods – the cross-impact of events, calibration and sorting, references, the logic of probable development (Saati), Bayesian method.

#### 6. Composing industrial success factors.

The operation should result in the list of industry success factors which is one of the components of developing key competitive advantages and, finally, the competitive strategy of the enterprise.

Basing on the map of industry force fields [4], ISF should be created as a counteraction to the action of industry force fields.

The input information for this operation is the characteristics of the force fields obtained on the basis of weak signals and put in the baseline script.

The ISF composition can be determined in the process of brainstorming using the methods of formalization of its results:

- affinity diagrams (“KJ” method) that enable systematizing a great amount of associated information (the ideas which were suggested by group members);

- communication diagrams that enable identifying links between the main idea and various data and systematizing a great amount of logically connected information;

- matrix diagram that enables identifying the importance of various interconnections.

The general scientific methods are also used, these are the methods of analysis, synthesis, induction, the logic method.

The developed, selected as the most probable and consistent with the strategic objectives baseline script and composed industry success factors are the initial information of the monitoring stage; this information is transmitted to the input of stage of planning the enterprise activity. After that, the first cycle of monitoring is completed; it precedes the stage of strategic planning and is consequently carried out at the beginning of the cycle of strategic management.

However, monitoring should be carried out continuously for collecting and processing information on the probabilities and threats of the environment. Therefore, repeated monitoring cycles should be carried out with the given periodicity which corresponds to the degree of mobility of the external environment; these cycles of monitoring include two objects of observation:

- the environment of indirect action to identify new weak signals;

- the development of assumptions that have been laid down in the baseline script and can intensify increase or weaken the detected weak signal.

To understand the trends of weak signal development, the events should be systematized chronologically.

If the events in the external environment significantly differ from those in the baseline script during the operations of “scanning” and “interpreting information”, the alternative script should be selected and the plan of activities should be corrected.

All the listed above make it possible to suggest the logic diagram of strategic monitoring (fig. 1) and its informogram (table 1). The suggested technology of monitoring as a stage of the management process is a formalized knowledge about how to perform this process or an organizational routine that describes the sequence of standard operations that enable coordinating the activities of managerial personnel without additional guidance and instructions.

Its application along with the developed model of competencies enable improving the process of managing enterprises and creating a key management capability that determines the capabilities of making efficient strategic decisions and finally enables developing and maintaining stable competitive advantages. And vice versa – an enterprise that does not have a key management capability loses competitive advantages, even if it had earlier.

The suggested technology of monitoring and implement this process or an organizational routine. management is a formalized knowledge about how to

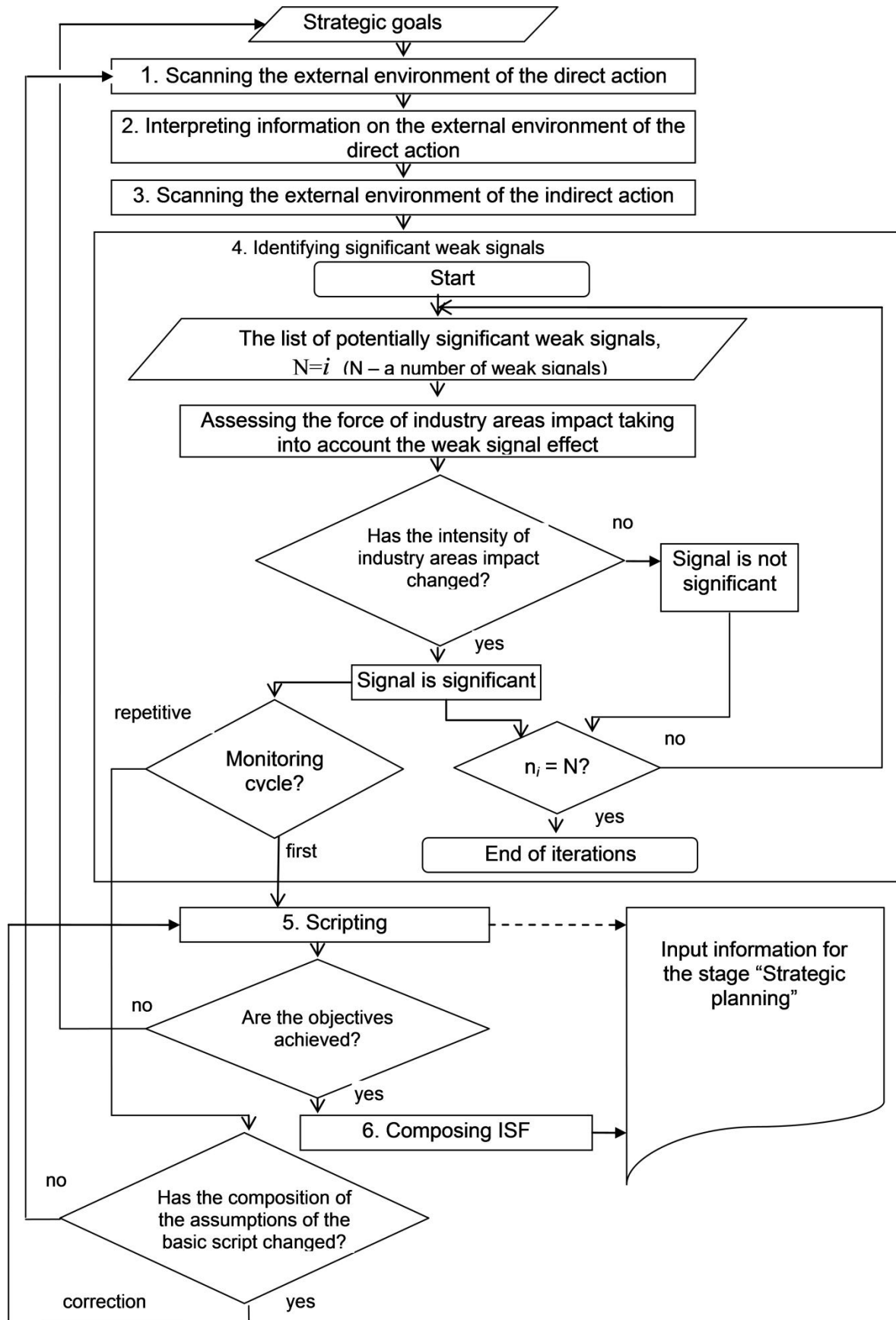


Fig. 1. Logical diagram of the strategic monitoring

**Table 1.** Informogram of the strategic monitoring as a stage of the management process

Operations	Input information	Transformation	Output information	Methods of transformation
1. Scanning the external environment of direct action	Sources of primary data: professional meetings; exhibitions; sales staff; personnel of marketing departments, supplies. Secondary data sources: state statistics, industry research, analytical and consulting firms, the reports of Ukrainian Corn Association, professional journals, business press, company websites	Accumulating and systematizing information on the characteristics of industry force fields	The map of industry force fields (the characteristic of fields: industry competitors, suppliers, buyers, substitutes, complements)	Special and documentary observations, surveys, questionnaires, content analysis.
2. Interpreting information on the external environment of the direct action	The map of industry force fields	Measuring the intensity of the action of each industry force field	Assessing the intensity of their action as strong, weak, medium or weak	Recommendations on assessing the intensity of force fields action with the use of fuzzy logic
3. Scanning the external environment of indirect action	Sources of primary data: professional meetings; exhibitions; sales staff; personnel of marketing departments, supplies. Secondary data sources: state statistics, industry research, analytical and consulting firms, professional journals, business press, ministry websites	Accumulating and systematizing information on weak signals according to the segments – state policy, scientific and technical progress, social and demographic factors, the state of economy	Listing weak signals and their characteristics	Special and documentary observations, surveys, questionnaires, content analysis.
4. Identifying significant weak signals	Listing weak signals and their characteristics; assessing the intensity of their action as strong, weak, medium or weak	Iterative check of the change in the intensity of the action of industry force fields for each weak signal and comparing with the preliminary assessment	Listing significant weak signals	Recommendations on assessing the intensity of force fields action with the use of fuzzy logic
5. Scripting	Listing significant weak signals and their characteristics	Scripting and assessing scripts probability	Baseline and alternative scripts of developing weak signals	Cause-and-effect diagrams, morphological analysis, situation modelling as well as special methods – the cross-impact of events, calibration and sorting, references, the logic of probable development (Saati), Bayesian method.
6. Composing ISF	The map of industry force fields; assessing the intensity of each force field action	Composing industry success factors	Composition of industry success factors	Brainstorming with the use of the methods of formalization of its results: affinity diagrams (“KJ” method); communication diagrams; matrix diagram

Basing on the fact that the effective work performance is "the achievement of special results" [12, p.15] (outputs that correspond to official duties) by using certain procedures and specific behavioural actions, it can be reasonably stated that the efficiency of a manager is achieved by following the rational technology of management due to mastering managerial abilities.

### Conclusions

1. Management technology formalizes typical operations and thus becomes the bearer of so-called organizational routines, which allows managers to perform clearly coordinated actions without additional guidance and instructions.

2. Basing on the requirements for the rational technology, the knowledge of managerial technology should be formalized in logical models of the structure of

the management process and information models of its stages.

3. The rationality of technology is achieved both by determining the rational methods which help carry out the operations and process stages and by establishing their targeting, that is, by identifying methods to be applied for particular operations. To meet these requirements, a special form of the information model – informogram of the management process should be introduced.

4. Objects of strategic monitoring should be industry force fields which result in creating competitive relations in the industry.

5. The suggested technology of monitoring is a formalized knowledge of its implementation or an organizational routine that describes the sequence of standard operations that provide the opportunity to coordinate the activities of management personnel without additional guidance and instructions. Its use enables improving the process of managing enterprises and creating a key competitive advantage.

### References:

1. Teece, D., Pisano, G., Shuen, A. (1997), "Dynamic Capabilities and Strategic Management". *Strategic Management Journal*. Vol. 18. No. 7. P. 509–533.
2. Grant, R. M. (2008) *Contemporary strategic analysis* [Sovremennyy strategicheskiy analiz]. St. Petersburg : Peter. 560 p.
3. Efremov, V. S., Khanykov, I. A. (2002), "The key competence of the organization as an object of strategic analysis" ["Klyuchevaya kompetentsiya organizatsii kak ob'yekt strategicheskogo analiza"]. *Management in Russia and abroad*. No. 2. P. 8–33.
4. Kuznetsova, I. O. (2012), "Resource Approach as a Modern Paradigm of Strategic Management" ["Resursnyy pidkhid yak suchasna paradyhma stratehichnoho upravlinnya"]. *Formuvannya rynkovoyi ekonomiky. Zb. nauk. Prats`*. Part 1. KNEU. P. 507–514.
5. Porter, M. (2005), *Competition*. Moscow: Williams Publishing House. 608 p.
6. Vasilenko, A. V. (2005), *Management of Sustainable Development: Monograph*. Kiev : Center for Educational Literature. 648 p.
7. Henry, J. P. (1990), *Making the technology-strategy connection*. International Review of Strategic Management. Chichester. Wiley. 210 p.
8. Kuznetsova, I. O. (2014), "Engineering Paradigm as a Methodological Basis for Building a Management Process". *Economics: realities of time. Scientific Journal*. No. 2. P. 52–56.
9. Janster, P. Hussey, D. (2004), Analysis of strengths and weaknesses of the company: identifying strategic opportunities [Analiz sil'nykh i slabykh storon kompanii: opredeleniye strategicheskikh vozmozhnostey]. Moscow : Williams. 368 p.
10. Narayanan, V., Faye, L. (2006), "Analysis of the macro environment: what happens outside the industry" ["Analiz makrosredy: chto proiskhodit za predelami otrasli"]. *MBA in Strategic Management*. Moscow : Alpina Business Books. P. 287–321.
11. Rigland, D. (2008), *Scenario planning for developing a business strategy* [Stsenarnoye planirovaniye dlya razrabotki biznes-strategii]. Moscow: Williams. 560 p.
12. Boyatsis, R. (2008), *Competent Manager. Model of effective work*. Moscow : HIPPO. 352 p.

Received 21.09.2017

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

**Кузнецова Інна Олексіївна** – доктор економічних наук, професор, Одеський національний економічний університет, завідувач кафедри менеджменту організацій та ЗЕД, м. Одеса, Україна; e-mail:inna.stream27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8939-7184.

**Кузнецова Інна Алексеевна** – доктор экономических наук, профессор, Одесский национальный экономический университет, заведующая кафедрой менеджмента организаций и ВЭД, г. Одесса, Украина; e-mail:inna.stream27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8939-7184.

**Kuznetsova Inna** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Odessa National Economic University, Head of the Department of Management of Organizations and Foreign Trade Activities, Odessa, Ukraine; e-mail:inna.stream27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8939-7184.

## ФОМАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯК СКЛАДОВОЇ КЛЮЧОВОЇ ЗДІБНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

В статті розглянуто технологію як складову ключових здібностей організації. Надано характеристику технології в широкому значенні як сукупність формалізованих знань. Сформовано головне завдання будь-якої технології, що полягає у визначенні структури процесу та прийомів за допомогою яких виконуються його окремі операції. Запропоновано визначення дефініції "технологія управління", яку відрізняє від існуючих акцентування на сукупності формалізованих знань про виконання процесу управління стосовно складу та послідовності його стадій та операцій, переліку вхідної та вихідної інформації за

операціями, опису методів отримання й перетворення вхідної інформації, та професійно-кваліфікаційних вимог щодо управлінського персоналу. Доведено, що управлінська технологія завдяки формалізації дозволяє менеджерам виконувати чітко скоординовані дії без додаткових розпоряджень. Обґрунтовано, що формалізація знань управлінської технології має здійснюватися у логічних схемах процесу управління та його стадій, що відбивають структуру процесу та взаємозв'язок між його складовими. Запропоновано як спосіб формалізації використання особливої форми інформаційної моделі – інформограму процесу управління, яка за кожною стадією та операцією вміщує інформацію щодо їхнього змісту та складу методів їх виконання. Формалізовано стадію процесу управління моніторинг. Визначено склад операцій стратегічного моніторингу: сканування зовнішнього середовища прямого впливу, інтерпретація інформації стосовно зовнішнього середовища прямого впливу, сканування зовнішнього середовища непрямого впливу, ідентифікація значущих слабких сигналів, розробка сценаріїв, формування складу галузевих факторів успіху. Запропоновано логічну схему виконання стратегічного моніторингу та його інформограму, які уособлюють технологію моніторингу як стадії процесу управління, що по суті є формалізованим знанням його здійснення. У такий спосіб отримано організаційну рутину, яка описує послідовність стандартних операцій, котрі надають можливість координувати діяльність управлінського персоналу.

**Ключові слова:** технологія управління, стадія та операція процесу управління, конкурентна перевага, моніторинг.

## **ФОМАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ КЛЮЧЕВОЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье рассмотрена технология как составляющая ключевых способностей организации. Охарактеризована технология в широком смысле как совокупность формализованных знаний. Сформирована основная задача любой технологии, заключающаяся в определении структуры процесса и приемов, с помощью которых выполняются его отдельные операции. Предложено определение дефиниции "технология управления", которую отличает от существующих акцентирование на совокупности формализованных знаний о выполнении процесса управления относительно состава и последовательности его стадий и операций, перечня входящей и исходящей информации по операциям, описания методов получения и преобразования входной информации и профессионально-квалификационных требований к управленческому персоналу. Доказано, что управленческая технология благодаря формализации позволяет менеджерам выполнять четко скоординированные действия без дополнительных распоряжений. Обосновано, что формализация знаний управленческой технологии должно осуществляться в логических схемах процесса управления и его стадий, отражающих структуру процесса и взаимосвязь между его составляющими. Предложено как способ формализации использование особой формы информационной модели - информограммы процесса управления, содержащей информацию по составу и методам выполнения каждой стадии и операции. Формализовано стадию процесса управления мониторинг. Определен состав операций стратегического мониторинга: сканирование внешней среды прямого воздействия, интерпретация информации о внешней среде прямого воздействия, сканирование внешней среды косвенного воздействия, идентификация значимых слабых сигналов, разработка сценариев, формирование состава отраслевых факторов успеха. Предложено логическую схему выполнения стратегического мониторинга и его информограмму, которые составляют технологию мониторинга как стадии процесса управления и по сути являются формализованным знанием его осуществления. Таким образом, получено организационную рутину, описывающую последовательность стандартных операций, которые предоставляют возможность координировать деятельность управленческого персонала.

**Ключевые слова:** технология управления, стадия и операция процесса управления, конкурентное преимущество, мониторинг.

T. MOMOT, I. KOLIADA

## COMPLIANCE CONTROL FOR ENSURING THE FINANCIAL SECURITY OF BANKING INSTITUTIONS: STATE, PROBLEMS, PROSPECTS

The **subject** matter of the article is conceptual and applied aspects of the implementation of the compliance control for ensuring the financial security to banking institutions. The **aim** of the study is the complex comprehension of conceptual and methodical approaches to the implementation of the compliance control for ensuring the financial security to banking institutions and the development of practical recommendations for its optimization. The **tasks** are: to systematize approaches to the definition of the compliance control concept for ensuring the financial security to banking institutions; to define the problems of development and legitimation of the compliance control for banking institutions; to study the content, functions and principles of the compliance control for banking institutions; to generalize the features of managing the compliance risk in the banks of Ukraine; to develop the ways for establishing the efficient system of the compliance control for banking institutions and to determine the strategic priorities for ensuring the financial security of banking institutions. The general scientific **methods** were used, in particular, logical generalization, grouping, analysis and synthesis, system analysis, the graphical and analytical method to visualize the results of our research. The following theoretical and practical **results** are received: the problems of development and legitimation of the compliance control for banking institutions were determined; the lack of a unified approach to understanding the social and managerial nature of compliance was proved. The phenomenon of compliance is usually analyzed in social, political, legal and economic dimensions. Consequently, scholars did not succeed in suggesting the universal interpretation of the content of the polysemantic category "compliance". An attempt to systematize approaches for determining the compliance control concept to support the financial security of banking institutions was made. The author's definition of the compliance control concept was suggested and the necessity of its implementation was determined with the obligatory consideration of the specifics of the conditions and the place of its implementation. The content of compliance control was studied and the importance of its introduction was emphasized in the context of the system of detection, identification and neutralization of risks, maintaining positive business reputation, minimizing costs and saving bank assets. The features of managing the compliance risk on the basis of the positive experience of providing compliance control to the reliable bank institutions of Ukraine were highlighted. The lack of clear instructions regarding the efficient system of the compliance control in the banking laws of Ukraine was testified. Therefore, to study the appropriate international theory and practice was suggested. The issues of the organization of the management of banks compliance risks, the operational risk management, the reputation risk management, and so on should be emphasized first of all. **Conclusions:** At present, the development and implementation of the National strategy for ensuring the financial security of banking institutions is of primary importance as well as drafting the Standard Statute on the structural unit for organizing and implementing compliance, introducing the positions of compliance officers and developing job instruction for them, formulating functionally reasoned deontological standards of their professional activity. The nationwide standard of compliance control should be developed under the patronage of the National Bank of Ukraine and the Association of Ukrainian banks.

**Keywords:** economic security, financial security, the system of the financial security support, compliance control, compliance risks, the National strategy for ensuring the financial security of banking institutions, compliance officer.

### Introduction

The foreign capital in domestic banking institutions has led to new approaches to banking business in Ukraine. Leading global banking institutions are expanding opportunities for the domestic banking sector through the introduction of new banking products and services, which contributes to increasing the volume of the client base of banks and increasing their share in the financial market. At the same time, the modernization of the banking sector of the economy causes new difficulties. Thus, the introduction of new banking products and services result in new types of risks. Therefore, the issue of finding innovative approaches to risk management in banking institutions is of great importance. Risk at the level of banking institutions that are considered as credit, operational or legal are inherently the manifestations of the risks of higher levels (macroeconomic and political).

Traditional internal control systems have failed to respond adequately to a wide range of risks. As a result, the current system of risk management requires significant modernization, which includes introducing the effective compliance control as an important component of the financial security system of banking institutions.

### The analysis of literary sources and problem setting

Recently, the security systems for financial institutions have been the subject of research by economists and lawyers. The authors mainly focused on the general theoretical issues of organization and implementation of internal control. Some aspects of this problem were considered by D. Malykhin [8], E. Pustovalova E. [9], M. Seleznyev [7], I. Astrakhantsev [10], A. Terekhov [12], V. Senchagov [18], D. Bobylyov [11] and others. At the same time, the analysis of their works shows that there is no tradition of studying the phenomenon of compliance control in the system of supporting the financial security of banking institutions.

### The goal and objective of the research

The goal of the study is to understand conceptual and methodological approaches and to develop practical recommendations for the implementation of the compliance control for ensuring the financial security of banking institutions. The objectives of the study are: to systematize approaches to the definition of the compliance control concept for ensuring the financial security to banking institutions; to define the problems of development and legitimation of the compliance control for banking institutions; to study the content, functions

and principles of the compliance control for banking institutions; to determine the features of managing the compliance risk in the banks of Ukraine; to develop the ways for establishing the efficient system of the compliance control for banking institutions and to determine the strategic priorities for ensuring the financial security of banking institutions.

### The research material

The Oxford English Dictionary interprets *compliance* as *an action in accordance with a request or command, obedience* [1].

Compliance as a professional activity was initially introduced in western countries and later appeared in Ukraine. This concept was first consolidated in the "Methodological Recommendations on Improving Corporate Management in Ukrainian Banks" approved by the Resolution of the Board of the National Bank of Ukraine dated 28.03.2007 No. 98. This document states that compliance is considered as the activity linked with the requirements of legislation and internal procedures. Compliance was considered through the prism of the need for knowledge, understanding and meeting all the requirements of the current legislation, norms, rules and regulations, internal policies, standards and codes regarding bank activities [4].

The compliance control system is an integrated system for managing compliance risk, which enables identifying the type of risk and monitoring it systematically while ensuring the continuous operation of the bank and minimizing the level of threats that have non-financial nature of bank losses. This system includes the following components: the objects and principles of compliance control; a list of internal banking regulations that ensure the implementation of compliance control; a set of internal bodies of the bank which carry out compliance control [1].

The objects of compliance control are the following:

- managing the conflicts of interest that can arise between the bank and clients, on the one hand, and between the bank and its employees, on the other hand;
- activities related to preventing the bank's activities that contradict the requirements of the current legislation;
- data handling and protection;
- moral and ethical standards.

The main principles of compliance control are the following:

- the principle of investment attractiveness of business for shareholders (a business that does not bear legal risks and risks of the loss of business reputation and image but is economically efficient and competitive);
- the principle of responsibility of the body that performs the functions of compliance control;
- the principle of coverage of all points of sale of financial services (extension of the compliance control documents to all structural units of the bank which sell banking products and provide services);
- the principle of implementation consistency (compliance control as a continuous activity covering all stages of the implementation and realization of business processes);

- the principle of legality (compliance of the bank with the norms of the current legislation that regulates the banking sphere);

- the principle of responsibility (compliance with professional and ethical standards);

- the principle of security (gaining positive experience and the practical use of the best practices in the regulation of processes and procedures) [2].

Internal normative bank documents regulating the implementation of compliance control include the Policy of reporting the bank's problems; The policy of accepting and giving gifts; the Policy defining the procedure for fighting bribery and corruption in the bank; The Policy aimed at counteracting the legalization (laundering) of profits obtained by crime and terrorist financing; The Privacy Policy; The Policy of conflict of interests; The Code of Corporate Conduct and Ethics; The Regulations on managing compliance risk, and so on [1].

The major subjects that carry out compliance control in banking institutions include the bank supervisory board; bank directors; the service of compliance control; other structural units of the bank that are involved in these activities (internal audit of the bank, profile structural units) [3].

The attempts to combine approaches to compliance control are widespread in the scientific literature. These attempts are carried out in sociological, political, legal and economic dimensions.

Considering the category of "compliances", scientists have not been able to offer a unified interpretation of its essence yet. For example, M.Selezneva believes that compliance can be regarded as the principle of doing business by a financial institution in accordance with the laws, rules, codes and standards established by the competent bodies of public authorities, professional associations and administration of a financial institution [7]. D. Malichin considers compliance as a capability to act in accordance with instructions, rules, special requirements. He notes that the compliance is carried out at two levels in the field of financial services. On the one hand, compliance is carried out according to external rules which should be performed by the organization as a whole, but on the other hand, compliance should correspond to the requirements of the system of internal control that are established to ensure the implementation of external requirements [8]. E. Pustovalova interprets the compliance control as a counteraction to money laundering and terrorist financing, a prevention of market manipulation and dissemination of insider information as well as the fight against corruption [9]. In turn, individual analysts offer a universal definition of compliance as a function of bank management bodies in independent and permanent ensuring the regulatory and legal acts, standards, internal organization documents are followed, in preventing the involvement of the organization in illegal and abusive activities as well as in providing the supervisors and control bodies with timely information [10]. It is difficult to agree with D. Boblyov who understands compliance as an area of professional activity in the financial and banking sphere which involves the performance of official duties, including making decisions at all levels in accordance with the

standards of legality and integrity established by the institution [11].

Compliance builds the foundation for the control of any organization that always operates according to one rule or another. In this context, the compliance is considered as an integral part of a management system which includes the system of internal control [12].

In the recommendations of the Basel Committee on Banking Supervision under the Bank for International Settlements, the term “compliance control” is considered as an independent activity carried out in commercial banks for identifying, assessing, advising, tracking and reporting the bank compliance risks. It is remarkable that compliance risk is considered as the risk of legal liability, financial losses, and reputational losses of a commercial bank as a result of violating the legislation, executive orders, business practices that relate to the commercial activities of the bank [6].

In our opinion, compliance control is a kind of internal control, that is a peculiar process, a set of measures and means aimed at identifying problem situations and monitoring the activities of the banking institution.

It should be noted that the content of compliance control lies in its main functions. Thus, the analytical function involves conducting analytical system procedures for identifying potential compliant risks. The information function involves collecting and processing economic and financial information that characterizes the status of assets and liabilities of the banking institution within the specified period of time. The warning function involves taking measures to prevent unlawful actions from both the bank’s staff and clients. And the function of ensuring the efficient risk management manifests itself in identifying, assessing risks, identifying an acceptable level of risk and neutralizing risks.

Compliance-control functions are implemented in the following areas:

- institutional compliance control which includes activities related to compliance in accordance with the established rules of internal interaction, procedures and decision-making process;
- operational compliance control which includes managing the operations carried out by the bank to identify and assess compliance risks, such as those related to the legalization of profits obtained by crime, terrorist financing, identification of unreliable partners, risks connected with fraud and corruption;
- compliance control of following professional conduct rules including identifying, assessing, and monitoring of compliance risks related to professional business conduct and corporate ethics.

Considering the content of compliance control, its basic principles should be analyzed. Significant attention is paid to the fundamental principles of the implementation of the bank’s compliance function in the recommendations of the Basel Committee on Banking Supervision [6]. This document sets forth the following principles: the responsibility of the bank’s supervisory body; the responsibility of the bank executive body; independence; the availability of resources for the effective implementation of the compliant function;

assistance to the bank executive bodies in the sphere of compliance risks; the interaction with internal audit; international cooperation; outsourcing. The organization of the internal control system should correspond to the following principles: the efficiency and effectiveness; assignment of responsibilities; comprehensiveness; timeliness; independence; confidentiality [5].

In our opinion, a list of the main principles of compliance control should be added by the principles of completeness, consistency, and systematicity.

Recently, the system of compliance control has been widely introduced into domestic banks. It is interesting to consider the experience of the compliance risk management carried out by PAT “OKSI BANK”, which correspond to the highest standards of corporate management. The Bank has established the compliance risk management system and performed the procedures for controlling risks, costs (losses) that happened because the requirements of the legislation were not met, the regulations of the National Bank of Ukraine, internal rules and procedures as well as moral and ethical rules of doing business. In accordance with the approved Regulations on the organization of compliance system in PAT “OKSI BANK” a compliance officer as a responsible person is independent when performing their duties and reports to the bank supervisory board only [13].

When introducing the system of the compliance risk management in PAT “INDEKS BANK” the bank directors applied the following principles:

- the compliance risk management is a key aspect of the activities of Crédit Agricole Group the bank belongs to;
- the rules for implementing the compliance control process are not subject to discussion;
- the team that carries out compliance control is the operating unit that makes decisions on the banking business, attracting new customers, selling banking products, clearing the conflict of interests and issues related to the confidentiality of banking information;
- the system of compliance control does not hinder the development of business, but only ensures its security;
- compliance risk is an integral part of the risk management system in the bank;
- compliance risk management involves systematic control over risky operations, risky amounts of the bank internal activities, customer activities and employee work;
- compliance control rules are simple, but their implementation requires time, and, in some cases, changes in the bank internal culture.

The organizational structural unit that carries out compliance control in PAT “INDEKS BANK” consists of the head of the unit, the department of financial monitoring, the department of deontology and financial monitoring departments at the branches of the bank.

The main tasks of the Department of financial monitoring in PAT “INDEKS BANK” are:

- financial monitoring in accordance with Ukrainian legislation and corporate requirements;
- reporting to public authorities;
- counteracting to legalization and laundering of profits obtained by crime and terrorist financing;

- monitoring the risk of business reputation and the bank image;
- developing and implementing the policy “Know Your Customer”;
- monitoring the completeness of customer identification coverage;
- assessing new products and procedures for their sale.

The competence of the Department of Deontology includes the following issues: the development and implementation of ethical rules; the analysis of malpractice; work with the bank staff; conducting seminars and trainings on risk management compliance; ensuring the rules of conduct with confidential information [14].

PAT “KREDOBANK” has also introduced the system of compliance control. The bank determines the risk as sanctions, financial losses or the loss of reputation or trust in the bank or entities acting on its behalf in accordance with the current legislation, internal normative documents, accepted conduct standards and ethical principles [15].

AT “UkrSibBank” successfully applies the system of compliance control. In its activities, the bank follows

the norms of Ukrainian legislation and international norms and existing international financial sanctions (embargo) and the policy of vigilance. AT “UkrSibBank” established the rules of conduct that should be followed by all employees (act honestly, fairly, professionally and serve the interests of customers). The Procedure of malpractice reporting “Whistle-Blowing” is established and successfully operates in the bank; using this procedure, each employee can inform about any problem or ask Compliance for necessary aid maintaining confidentiality [16].

Summarizing, it should be noted that a number of banks have dramatically decreased in recent years. 180 banks operated in Ukraine as of January 1, 2014, according to the National Bank of Ukraine. But, their number was reduced to 93 banking institutions as of January 1, 2017. The rating of the most reliable domestic banks in 2017 that was presented by the Ministry of Finance of Ukraine [17] gives grounds to state that the majority of them successfully use the system of compliance control.

The financial indicators of banks that occupy leading positions in the rating (according to the National Bank of Ukraine) are given in Table 1.

**Table 1.** The indicators of banks that occupy leading positions in the bank financial strength rating (according to the National Bank of Ukraine)

Position in the rating	Bank name	Stress resistance										Depositor loyalty								
		Indicators										Points		Indicators				Points		
		Dependence on deposits of individuals		Quality of funding		Profitability		Liquidity		Capital adequacy		The scope of the bank's activities		Total score		The bank's share in the retail deposit market	Absolute growth of retail portfolio of depositors for the quarter		Relative growth of retail portfolio of depositors for the quarter	Experience in the market
1	Raiffeisen Bank Aval	37,51	3	5	0,56 %	5	29,28 %	5	19,97 %	5	4,4	4,5	4,02 %	5	4,5	3,5	5	5	5	4,6
2	Crédit Agricole Bank	21,21	5	5	1 %	5	38,74 %	5	8,99 %	3	3,3	4,5	1,39 %	4	2,5	2	5	5	5	3,7
3	UkrSibBank	30,64	4	5	2,55 %	4	12,55 %	3	10,33 %	3	3,9	3,9	2,66 %	5	3	2,5	5	5	5	4,1

It is evident that the following factors affect the increase of the rating: profitability; liquidity; capital

adequacy; the share of banks in the retail deposit market; absolute growth of the retail portfolio of deposits; relative

retail deposit portfolio. In our opinion, an important additional factor of the efficiency of banking activity is the balanced local system of compliance control.

Clear instructions for the compliant risk management in the banking legislation of Ukraine has not been developed so far. Therefore, banks implement risk management systems without direction.

The development of the efficient system of compliance control in the bank corporate management is based on the identification of compliance risks. The definition of the entire range of risks, both internal and external, that form key indicators to the map of compliance risks occupies the leading place in this process.

The organization of the efficient system of compliance control should be correlated with the practice of foreign banks. A key aspect of the new system of compliance control is the complexity which involves the combination of the bank compliance risk management with the operational risk management and the reputational risk management.

### **The discussion the research results**

It should be noted that the first priority is the development of the legislative basis for the implementation of compliant control systems. Particular attention in the new system of compliance control along with compliant risk management should be paid to the minimization and management of operational risk. Constant monitoring the activities of the bank staff regarding the compliance with the requirements of the legislation and internal regulations will help minimize the risk of using the bank for money laundering and ensure the stability of the reputation of the bank in the market [17].

According to the results of the conducted researches, it has been established that the security of banking systems is crucial for ensuring the normal operation of financial institutions.

A prerequisite for maintaining a long-term competitive advantage is the development of the efficient financial and economic strategy as the main component of the security of banking institutions. V. Senchagov considers the strategy as understanding a set of the most significant decisions and measures aimed at ensuring the adequate level of security of bank operation [18]. A. Alverdov considers the strategy as a set of long-term goals and managerial approaches whose implementation protects the banking institution against potential threats of the violation of commercial and banking privacy as well as hurting the banking property and recourses of a non-monetary nature [19].

Taking into account the specifics of the present development of the banking sector, the factors that affect the implementation of the financial security strategy of banking institutions should be determined, namely: the high level of criminal offences; insufficient qualification of security personnel; insufficient financial support. The objects to be protected are: information that contains banking and commercial secrets; property (mainly monetary funds); bank personnel. Depending on the

composition and specificity of threats, the strategy should be designed taking into account internal and external threats and should include preventive and restrictive measures. The strategy of bank financial security is developed in accordance with the economic standards of the National Bank and should be agreed upon by the general economic strategy and built on the basis of the current regulatory and legislative basis [20].

### **Conclusions**

Thus, it should be noted that the necessity of developing the nationwide Strategy for ensuring the financial security of banking institutions at a centralized level has risen in Ukraine; the implementation of the world and European standards for the implementation of compliance control is particularly emphasized. This approach objectively encourages the implementation of a civilized model of work with customers and staff. In order to reduce the negative impact of threats on the state of banks, the National Strategy should provide a number of such priority measures as:

- conducting a well-considered policy in the field of economic and financial security of banks;
- increasing the efficiency and reducing the cost of banking services;
- strict compliance with banking legislation;
- paying great attention to increasing confidence in the bank, in its advertising, strengthening the transparency of the financial condition of banks;
- conducting a well-considered personnel policy, in particular in the areas of recruitment, training, remuneration and social protection;
- improving the quality of IT support;
- implementing compliance control.

The systematic use of these measures allows banks to remain marketable and solvent and to withstand various threats and to eliminate their consequences autonomously.

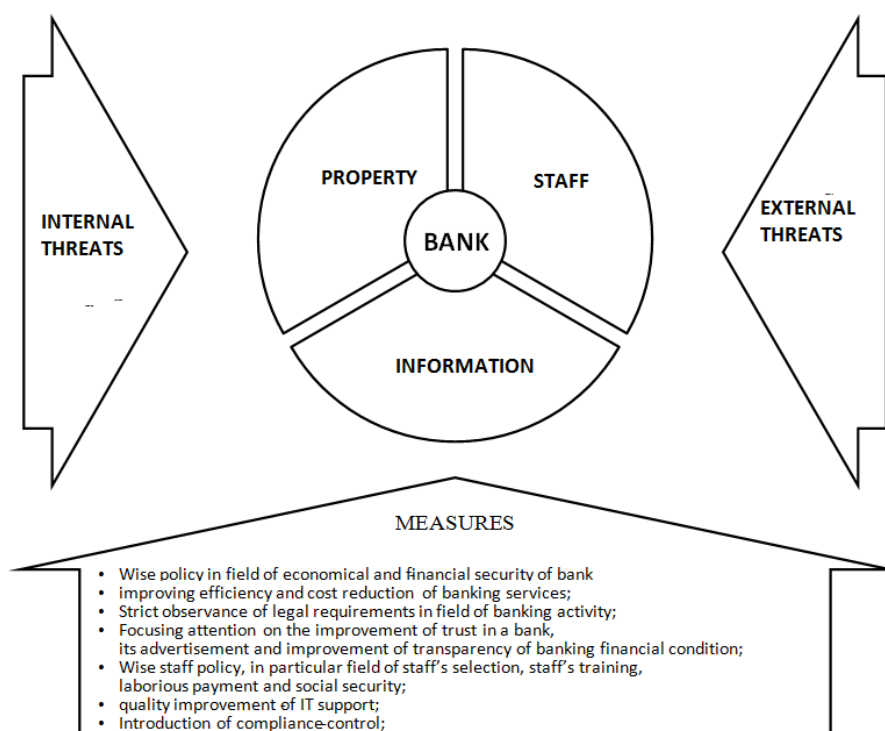
The conceptual diagram of developing the strategy for ensuring the financial security of banking institutions with the use of compliance control is presented in Fig. 1.

Also, in our opinion, there is the necessity to develop the Standard Statute on the structural unit (section, department, service) for organizing and implementing compliance in a banking institution.

It seems reasonable to introduce institutions the position of a compliance officer into banking institutions and to include it in the State Classifier of professions DK 003: 2010 specifying qualification characteristics, knowledge, skills and qualification requirements for the position mentioned above. Also, job descriptions should be developed; they should contain the qualification requirements for this category of staff (authority), competence and deontological standards of conduct and professional activity.

Also, it is necessary to introduce normative discipline or special training course "Fundamentals of Compliance control" into the specialized higher educational institutions, which enables developing a holistic and objective view of the role and place of compliance in the activities of banking institutions and

increasing the professional and cultural level of future specialists.



**Fig. 1.** The conceptual diagram of developing the strategy of ensuring the financial security of banking institutions with the use of compliance control

Taking into account the necessity to increase the social responsibility of banking institutions and the quality of customer service, the skills of specialists (compliance officers) that are authorized to carry out compliance control should be continuously improved. Therefore, interactive classes (trainings, colloquiums, round tables, and so on) should be included in the system of postgraduate training.

In our opinion, a series of national and regional round tables for discussing the topical issues of organization and implementation of compliance control in banking institutions should be initiated; this will contribute to the development of unified algorithms for responding to typical and unusual situations.

Such activities should be carried out under the patronage of the National Bank of Ukraine and the Association of Ukrainian Banks.

## References

1. Compliance [Kompliance]. Vikipediia. Vilna entsyklopediia [Wikipedia, the free encyclopedia]. Ukraine, 2017, 25 December. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B5%D0%BD%D1%81>
2. Experience in the organization of compliance control within the JMC: the basic principles and standards of compliance control [Opyt organizatsii kompliance kontroliia v ramkah SVK: osnovnye principy i standarty kompliance kontroliia]. Ukraine, 2017, 25 December. Available at: [https://gaap.ru/articles/opyt\\_organizatsii\\_komplaens\\_kontrolya\\_v\\_ramkakh\\_svk\\_osnovnye\\_printsipy\\_i\\_standarty\\_komplaens\\_kontrol/](https://gaap.ru/articles/opyt_organizatsii_komplaens_kontrolya_v_ramkakh_svk_osnovnye_printsipy_i_standarty_komplaens_kontrol/)
3. Kovalchuk, O. (2010), "Concept of the compliance control system and features of compliance risks management in banks of Ukraine". *Young people and market*. No. 7-8. P. 153-157.
4. Guidelines for improvement of corporate governance in banks of Ukraine [Metodychni rekomendatsii shchodo vdoskonalennia korporatyvnogo upravlinnia v bankah Ukrainy]. Postanova Pravlinnia NBU vid 28.03.2007 № 98 [Decision of the NBU Council № 98 of 28 March 2007]. Ukraine, 2017, 25 December. Available at: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v0098500-07>
5. About approval of the provisions on organization of internal control in banks of Ukraine: Decision Council of the National Bank of Ukraine № 867 of 29 December 2014
6. Basel Committee on Banking Supervision Consultative Document The compliance function in banks // <http://www.bis.org/publ/bcbs103.htm>
7. Selezneva, M. V. Compliance control in the banking sector. New approach to the risk management [Komplaens kontrol v bankovskoy sfere. Novyyi pohod k upravleniyu riskami]. Available at: [http://www.buk.irk.ru/library/sbornik\\_13/selezneva.pdf](http://www.buk.irk.ru/library/sbornik_13/selezneva.pdf)
8. Malihin, D. V. (2009), Features of compliance control organization in Russian banks. *Internal control of credit organization*.
9. Pustovalova, E. Compliance in Russia and the CIS. Available at: <http://old.themoscowtimes.com/conferences/eng/event/archive/440714.html>
10. Astrahantseva, I. A., Dubov, D. A., Kutuzova, A. S. Compliance control in commercial bank [Komplaens-kontrol v kommercheskom banke]. Available at: [http://www.astrahantseva.ru/pub/fin\\_2014\\_6.pdf](http://www.astrahantseva.ru/pub/fin_2014_6.pdf)

11. Bobyilev, D. V. (2013), Formation of the system of internal control in insurance companies (methodical aspect) : abstract of thesis [Formirovanie sistemyi vnutrennego kontrolya v strahovyih organizatsiyah (metodicheskiy aspekt) : avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk]. Moscow. 24 p.
12. Terehov, A. G. (2011) "Transformation of compliance and risk management in internal control system", *Internal control of credit organization*. No. 1.
13. OKCI BANK, PJSC. Available at: <http://www.okcibank.com.ua/>
14. CREDIT AGRICOLE BANK. Available at: <http://indexbank.ua/ukr/main.php>
15. Kredobank. Available at: <http://www.kredobank.com.ua/>
16. JSC "UkrSibbank". Available at: <https://ukrsibbank.com/about-bank/compliance>
17. Hutorna, M. E. (2015), "Organization of effective system of compliance control in bank". *Banking. Financial space*. No. 2 (18). P. 113-119.
18. Senchagov, V. K. (1998), *Essence of the economic safety and its strategic providing, Economic safety: producing-financials-banks* [Suschnost ekonomicheskoy bezopasnosti i ee strategicheskoe obespechenie. Ekonomicheskaya bezopasnost: proizvodstvo-finansyi- banki]. Moscow.
19. Alaverdov, A. R. (2004), *Administration and management of safety in credit-financial organization* [Organizatsiya i upravlenie bezopasnostyu v kreditno-finansovyih organizatsiyah: uchebnoe posobie. Moskovskiy gos.un-t ekonomiki, statistiki i nformatiki] Moscow.
20. Strelbitska, L. (2005), *Bank safety science* [Bankivske bezpeknavstvo] Kyiv, 600 p.

Receive 20.06.2017

*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, зав. кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, м. Харків, Україна; e-mail: tvmomot@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7397-3565.

**Момот Татьяна Валерьевна** – доктор экономических наук, професор, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, зав. кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита; e-mail: tvmomot@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7397-3565.

**Momot Tetiana** – Doctor of Sciences (Economics), O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Head of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Auditing, Kharkiv, Ukraine; e-mail: tvmomot@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7397-3565.

**Коляда Ігор Вячеславович** – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, аспірант кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, м. Харків, Україна; e-mail: kslaron@gmail.com; ORCID:0000-0002-3802-9082.

**Коляда Игорь Вячеславович** – Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, аспирант кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита, г. Харьков, Украина; e-mail: kslaron@gmail.com; ORCID:0000-0002-3802-9082.

**Koliada Ihor** – O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Post-Graduate Student of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Auditing, Kharkiv, Ukraine; e-mail: kslaron@gmail.com; ORCID:0000-0002-3802-9082.

## КОМПЛАЄНС-КОНТРОЛЬ У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ: СТАН, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

**Предметом** дослідження є концептуальні і прикладні аспекти впровадження комплаєнс-контролю в системі забезпечення фінансової безпеки банківських установ. **Мета** дослідження полягає в комплексному осмисленні концептуально-методичних підходів до впровадження комплаєнс-контролю в системі забезпечення фінансової безпеки банківських установ та розробці практичних рекомендацій щодо його оптимізації. **Завдання:** систематизувати підходи до визначення поняття комплаєнс-контролю в системі забезпечення фінансової безпеки банківських установ; визначити проблеми артикуляції та легального закріплення комплаєнс-контролю банківських установ; дослідити сутність, функції та принципи комплаєнс-контролю в банківських установах; узагальнити особливості управління комплаєнс-ризиком в банківських установах України; розробити шляхи організації ефективної системи комплаєнс-контролю в банківських установах та визначити стратегічні пріоритети забезпечення фінансової безпеки банківських установ. Використовуються загальнонаукові методи: абстрактно-логічного узагальнення, групування, аналізу та синтезу, системного аналізу, графіко-аналітичний для візуалізації результатів дослідження. Отримано такі теоретичні і практичні **результати:** визначено проблеми артикуляції та легального закріплення комплаєнс-контролю банківських установ. З'ясовано, що в науковій літературі відсутній єдиний підхід до розуміння соціально-управлінської природи комплаєнсу. Зазвичай феномен комплаєнсу аналізується у соціологічному, політологічному, юридичному та економічному вимірах. Як наслідок, науковці донині не спроміглися запропонувати універсальне тлумачення сутності полісемантичної категорії "комплаєнс". Здійснена спроба систематизувати підходи до визначення поняття комплаєнс-контроль в системі забезпечення фінансової безпеки банківських установ. Запропоновано авторське визначення поняття комплаєнс-контроль та визнана необхідність його запровадження з обов'язковим урахуванням специфіки умов та місця його проведення. Досліджено сутність комплаєнс-контролю і наголошено на важливості його впровадження у контексті ствердження системи виявлення, ідентифікації та нейтралізації ризиків, збереження позитивної ділової репутації, мінімізації витрат та збереження активів банку. Виокремлено особливості управління комплаєнс-ризиком на основі ознайомлення з позитивним досвідом впровадження комплаєнс-контролю в надійних вітчизняних банківських установах. З'ясовано, що в банківському законодавстві України відсутні чіткі інструктивні положення щодо організації ефективної системи комплаєнс-контролю. Тому запропоновано системно дослідити відповідну зарубіжну теорію та практику, першочергово зосередивши увагу на проблемах організації управління комплаєнс-ризиків банку, управлінні

операційним ризиком, управлінні ризиком репутації тощо. **Висновки:** Станом на теперішній час об'єктивно необхідним є розроблення і прийняття загальнонаціональної Стратегії забезпечення фінансової безпеки банківських установ, підготовки Типового положення про структурний підрозділ з комплаєнсу, запровадження посад комплаєнс-офіцерів, розробки для цієї категорії персоналу посадової інструкції та формулювання функціонально обґрунтованих деонтологічних стандартів професійної діяльності. Формування загальнонаціонального стандарту комплаєнс-контролю має здійснюватися під патронатом Національного банку України та Асоціації українських банків.

**Ключові слова:** економічна безпека, фінансова безпека, система забезпечення фінансової безпеки, комплаєнс-контроль, комплаєнс-ризик, Загальнонаціональна стратегія забезпечення фінансової безпеки банківських установ, комплаєнс-офіцер.

## КОМПЛАЄНС-КОНТРОЛЬ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕННЯ ФІНАНСОВОЇ БЕЗОПАСНОСТІ БАНКОВСКИХ УЧРЕЖДЕНІЙ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

**Предметом** исследования являются концептуальные и прикладные аспекты внедрения комплаєнс-контроля в системе обеспечения финансовой безопасности банковских учреждений. **Цель** исследования состоит в комплексном осмыслении концептуально-методических подходов к внедрению комплаєнс-контроля в систему обеспечения финансовой безопасности банковских учреждений и разработке практических рекомендаций по его оптимизации. **Задачи:** систематизировать подходы к определению понятия комплаєнс-контроля в системе обеспечения финансовой безопасности банковских учреждений; определить проблемы артикуляции и легального закрепления комплаєнс-контроля банковских учреждений; исследовать суть, функции и принципы комплаєнс-контроля в банковских учреждениях; обобщить особенности управления комплаєнс-риском в банковских учреждениях Украины; разработать пути организации эффективной системы комплаєнс-контроля в банковских учреждениях и определить стратегические приоритеты обеспечения финансовой безопасности банковских учреждений. Используются общенаучные **методы:** абстрактно-логического обобщения, группировки, анализа и синтеза, системного анализа, графическо-аналитический для визуализации результатов исследования. Получены такие теоретические и практические **результаты:** определены проблемы артикуляции и легального закрепления комплаєнс-контроля банковских учреждений. Выяснено, что в научной литературе отсутствует единый подход к пониманию социально-управленческой природы комплаєнса. Обычно феномен комплаєнса анализируется в социологическом, политологическом, юридическом и экономическом измерениях. Как следствие, ученые не смогли предложить универсальное толкование сущности полисемантической категории "комплаєнс". Осуществлена попытка систематизировать подходы к определению понятия комплаєнс-контроля в системе обеспечения финансовой безопасности банковских учреждений. Предложено авторское определение понятия комплаєнс-контроля и определена необходимость его внедрения с обязательным учетом специфики условий и места его проведения. Исследована сущность комплаєнс-контроля и акцентировано внимание на важности его внедрения в контексте утверждения системы выявления, идентификации и нейтрализации рисков, сохранения позитивной деловой репутации, минимизации расходов и сохранения активов банка. Выявлены особенности управления комплаєнс-риском на основе ознакомления с положительным опытом внедрения комплаєнс-контроля в надежных отечественных банковских учреждениях. Выяснено, что в банковском законодательстве отсутствуют четкие инструктивные положения относительно организации эффективной системы комплаєнс-контроля. Поэтому предложено системно исследовать соответствующую зарубежную теорию и практику, сосредоточив внимание в первую очередь на проблемах организации управления комплаєнс-риском банка, управлении операционным риском, управлении риском репутации и др. **Выводы:** В настоящее время объективно существует острая необходимость разработки и принятия Общенациональной Стратегии обеспечения финансовой безопасности банковских учреждений, подготовки Типового положения о структурном подразделении по комплаєнсу, введение должностей комплаєнс-офицеров, разработки для этой категории персонала должностной инструкции и формулировка функционально обоснованных деонтологических стандартов профессиональной деятельности. Формирование общенационального стандарта комплаєнс-контроля должно осуществляться под патронатом Национального банка Украины и Ассоциации украинских банков.

**Ключевые слова:** экономическая безопасность, финансовая безопасность, система обеспечения финансовой безопасности, комплаєнс-контроль, комплаєнс-риски, Общенациональная стратегия финансовой безопасности банковских учреждений, комплаєнс-офицер.

G. NAZAROVA, N. NAZAROV

## THE ANALYSIS OF STRUCTURAL CONFIGURATIONS FOR IMPLEMENTING COMPETITIVE STRATEGIES

Among the directions of increasing the competitiveness of enterprises, the development of an adequate organizational structure is of primary importance. This structure will ensure the efficient and coordinated interaction of all business units of the enterprise for implementing competitive strategies. The article analyzes the choice of the organizational configuration of the enterprise structure for the three M. Porter's competitive strategies, they are cost leadership strategy on the basis of the reduction in costs (prices); the differentiation and focus strategies. To analyze the organizational and structural component of the implementation of competitive strategies, the situational approach is suggested. The first stage of this approach is the empirical analysis of the parameters of impact on the choice of the organizational structure. At the second stage, the analysis is formalized in the form of the table of rules table, which enables further developing the knowledge base of the expert system. At the third stage, experts, management consultants, provide each rule with a certain weight that reflects the expert's opinion about the impact of each particular factor of the internal and external environment on the parameters of the management structure. The strategic set should involve the structural strategy that should include an analysis of the existing structure, the possibility of its adjustment and changes in accordance with the company's competitive strategy, the analysis of external and internal factors that can affect the organizational structure. The **results** of the study are the expert tables of values of organizational and structural parameters obtained experimentally that are used for developing and introducing the organizational structure of the enterprise in the process of implementing the chosen competitive strategy. The software implementation of the expert system by using modern information technologies will provide an opportunity to use the developed system for creating the project of a management structure for a particular enterprise that supports its competitive strategies.

**Keywords:** enterprise competitiveness, organizational structure, competition strategy, organizational configuration, situational approach.

---

### Introduction

Among the areas of increasing the competitiveness of enterprises, special attention is paid to the development of an adequate organizational structure, which will ensure efficient and coordinated interaction of all business units of an enterprise for implementing competitive strategies. From all mechanisms of strategy implementation, the structure is the most inert and can contribute to strategic development or slow down it, therefore, the development and reform of the structure should be based on the scientific and practical principles of the economy and based on the fundamental principles of the theory of management.

---

### The analysis of literary sources

The dependencies among the individual factors of the external and internal environment of the enterprise and the type of its organizational structure were investigated in the works of O.E. Kuzmin, O.G. Melnik [2], Yu.B. Ivanov [1], A.S. Afonin, V.P. Nesterchuk [3], M.M. Martynenko [4], R. Duff [5], G. Mintzberg [6], G. Nazarova, O. Ivanisov, O. Dorovsky, and others. However, the problem of the structural configuration which contributes to the adopted competitive strategy in the best way has not been solved and substantiated yet and still requires an individual scientific and practical study.

---

### The goal and objectives of the study

The goal of the study is to analyze the choice of the organizational structure of the enterprise for the three basic M. Porter's competitive strategies: cost leadership strategy on the basis of cost reduction (prices); differentiation and focus strategies.

---

### The methods of the study

To analyze the organizational and structural component of the implementation of competitive strategies, the use of the situational approach is suggested applying expert methods and taking into account such parameters as management style, enterprise size, technology, the state of the environment, the level of centralization, formalization, complexity, information needs. The first stage of this approach is the empirical analysis of the parameters of impact on the organizational structure choice. At the second stage, the analysis is formalized in the form of the table of rules, which enables further developing the knowledge base of the expert system. At the third stage, experts, management consultants, provide each rule with a certain weight reflecting the expert's opinion about the impact of each particular factor of the internal and external environment on the parameters of the management structure. The software implementation of the expert system by means of present information technologies will enable using the developed system to create the project management structure of a particular enterprise that supports its competitive strategies.

---

### The results of the study

Let us consider the results of the analysis of the choice of organizational configuration for the three basic M. Porter's competitive strategies: cost leadership strategy based on cost reduction (prices); differentiation and focus strategies. In order to implement competitive strategies, the main types of structures that are most widespread or promising for industrial enterprises in the present economic conditions of Ukraine should be chosen from linear functional, divisional, matrix, project, program-oriented and networked ones.

The strategy of cost leadership on the basis of cost (prices) reduction is implemented in the best way by hierarchical organizational structures in which the minimization of costs is achieved due to central planning and resource use, economies of scale, accumulation of experience [7].

Organizational structures of the hierarchical configuration have many levels of management and significant horizontal specialization. Such organizational structures have a certain functional specialization and are divided into departments, which helps medium and large enterprises work successfully [2]. The use of such organizational structures is reasonable under the external

environment with a low level of inconsistency. At a high level of inconsistency, such structures can be used only in the case of low uncertainty and complexity of the external environment. Competitive advantages are achieved due to the standardized technology with well-defined tasks and a small amount of information necessary for management. The cost leadership strategy that is implemented by linear functional structures involves manufacturing large amounts of inexpensive standardized products for already available identified markets. The meanings of organizational and structural parameters for implementing the strategy of cost leadership are given in table 1.

**Table 1.** Organizational and structural parameters of implementing the strategy of cost leadership

Parameters	The range of meaning
External environment state	1. Low degree of complexity, inconsistency, uncertainty 2. High degree of complexity, low degree of uncertainty and inconsistency 3. High degree of complexity and uncertainty, low degree of inconsistency 4. High degree of controversy, low degree of complexity, uncertainty
Technologies	Standardized, more routine
Size	Medium and big
Structure	Linear functional

The main strategy of differentiation is a variety of products, choice of models, batches of goods, services, and so on. The aim to meet the needs of consumers in a certain aspect of market activity leads to high costs, which creates a risk of loss of competitiveness. The difference between leadership in prices and differentiation lies in the fact that the first can be achieved only in one way, that is by establishing the effective cost structure, while differentiation can be achieved in different ways [8]. One of them is the creation of divisional structures that are differentiated by product or region. Their application is objectively caused by the attempts of large diversified corporations to improve adaptation to changes in the external environment by dividing it into production units (divisions) which will later be given a particular level of independence for implementing operational and production management and will become responsible for the profit.

The transformation of available linear functional structures into the division ones solved the problem of

implementing the strategy of diversification only partially because the “crisis of bureaucracy” caused by the over-organization of structure and opposition of the administrative apparatus to the new forms and methods of management did not enable quick solving new strategic problems under the conditions of market changes. The creation of matrix structures was an attempt to overcome this crisis. When the main functional units are preserved, the matrix structures create two control loops – vertical and horizontal which operate simultaneously. The specific areas of the organization such as production, marketing, financing, legal support, research, development are managed vertically. Individual projects, regional and product ones are managed horizontally. The matrix configuration can be used in the environment with a high degree of inconsistency and uncertainty. The meanings of organizational and structural parameters for implementing the strategy of differentiation are presented in table 2.

**Table 2.** Organizational and structural parameters of implementing the strategy of differentiation

Parameters	The range of meaning
External environment state	1. High degree of complexity, low degree of uncertainty and controversy
	2. Low degree of complexity, controversy and high degree of uncertainty,
	3. High degree of complexity and uncertainty
Technologies	Different for various departments (products)
Size	Medium and big
Structure	Divisional (product, regional)
	Matrix (program target, project target)

The content of the focus strategy is to achieve competitive advantages in a rather narrow segment of the market with its specific requirements. Focusing on a deeper differentiation of needs force the enterprise to an almost individual approach for manufacturing products

and applying new production and service technologies. Such strategy is better implemented by organic structures such as program target and design target, team, and business ones. They are characterized by hierarchy smearing, indefinite levels of management, weak

formalization of rules and procedures, high level of horizontal integration, developed links between cooperation and coordination, by specialization, temporary assignment of functions to groups, by decentralization of management decisions. The size of the organization does not have a decisive impact on the choice

of this configuration, however, the most favourable conditions using this structure are enterprises of a medium and small size. The meanings of organizational and structural parameters of implementing the strategy of differentiation are presented in table 3.

**Table 3.** Organizational and structural parameters of implementing the strategy of differentiation

Parameters	The range of meaning
External environment state	1. High degree of complexity, low degree of uncertainty and controversy.
	2. Low degree of complexity and uncertainty, high degree of controversy.
Technologies	More individual, low degree of standardization
Size	Medium, small
Structure	Matrix (project)
	Entrepreneurial, team

The choice of organizational configuration is only a general description and the first step in designing the organizational structure. For a more detailed description of the organizational structure, such parameter as the complexity of the organization is used. The complexity of the organization is the degree of horizontal (a number of divisions and specialized units), vertical (a number of levels of management), spatial (a number of branches and the distance among them) differentiations.

Horizontal differentiation increases with an increase in the degree of specialization in the organization, that is, with the increase in a number of departments and employees performing unique tasks that are different from the tasks of other employees and departments. The level of vertical differentiation is assessed by a number of levels of management in the organization. To measure spatial differentiation, such indicators as a number of subdivisions and subsidiaries in the organization, the average distance among them and the proportion of staff working in the units separated from the head office are used.

Directly proportional dependencies exist between the size of the organization and the level of organizational complexity: when the size of the organization increases, the number of levels of management and the number of units are also increased [9]. There are certain patterns in the impact of the environment on the level of

organizational complexity. First, the greater the degree of the environment inconsistency, the less the degree of organizational complexity. Secondly, the higher the environment uncertainty, the higher the level of organizational complexity. This is due to the fact that in the case of high uncertainty of the external environment, the organization needs a large number of specialists for the adequate response to changes in the external environment, that is, the level of specialization increases. However, if the external environment becomes hostile, threatening to the enterprise survivability, the complexity of the organization should be low to ensure a quick response to change.

The technology used in the enterprise also has an impact on the level of organizational complexity: the higher the degree of technology routinization, the greater the degree of specialization; the lower the degree of technology routinization, the greater the level of vertical differentiation (a number of levels of management).

A high and medium degree of organizational complexity is recommended for large enterprises with the strategy of cost leadership based on cost reduction or differentiation. A low degree of organizational complexity is recommended for companies with the focus strategy that works in the market differentiating the groups of customers with specific needs. The following conclusions are grouped in table 4.

**Table 4.** Recommendations on the level of organizational complexity

Factors	Factor meaning
1	2
High level of complexity	
Size	Big
External environment state	Low degree of complexity and inconsistency, high degree of uncertainty. Low degree of controversy, high degree of complexity and uncertainty.
Technologies	Standardized
Strategy	Cost leadership on the basis of cost reduction
Medium level of complexity	
Size	Big, medium

The end of the **Table 4**

1	2
External environment state	Low degree of complexity, controversy and uncertainty. Low degree of controversy, high degree of complexity and low degree of uncertainty. High degree of controversy, low degree of complexity and uncertainty. High degree of controversy and complexity, low degree of uncertainty
Technologies	Medium degree of standardization
Strategy	Differentiation
Low level of complexity	
Size	Medium, low
External environment state	High degree of controversy, low degree of complexity and uncertainty. High degree of complexity, low degree of controversy and uncertainty.
Technologies	Innovative, weakly standardized
Strategy	Focus

The level of formalization of the organization reflects the degree of using the pre-set rules and procedures [4]. Establishing detailed rules and procedures that specify the most effective methods of making managerial decisions is advantageous for any organization.

The high level of formalization is typical of large organizations that use the strategy of cost leadership in a well-defined and stable environment as well as the

strategy of diversification in a controversial and complex environment. The low level of formalization is reasonable for using by enterprises that implement the focus strategy and non-routine technologies under the conditions of a complex but well-defined environment. The recommendations on the level of the formalization of managerial decisions making in the organization are presented in table 5.

**Table 5.** Recommendations on the level of formalization of making managerial decisions

Factors	Factor meaning
High level of formalization	
External environment state	Low degree of complexity, controversy and uncertainty. Low degree of controversy, high degree of complexity and low degree of uncertainty
Technologies	High degree of technology routinization High degree of application of information technologies.
Size	Big
Strategy	Cost leadership on the basis of cost reduction
Medium level of formalization	
External environment state	High degree of complexity and controversy, low degree of uncertainty. Low degree of controversy, high degree of complexity and uncertainty. High degree of controversy, low degree of complexity and uncertainty. High degree of controversy and complexity, low degree of uncertainty.
Size	Medium
Strategy	Differentiation
Low level of formalization	
External environment state	High degree of controversy, low degree of complexity and uncertainty High degree of controversy, complexity and uncertainty
Technologies	Low degree of routinization
Size	Medium. small
Strategy	Focus

The level of the centralization of making managerial decisions is the degree of the concentration of making decisions by a person, which is related to the formal rights a specific person has in the organization. The level of centralization is determined by the degree of the participation of the authorities in obtaining and processing information necessary for making managerial decisions, and by the amount of control in the context of the implementation of these decisions.

The high level of centralization is typical for enterprises that use the strategy of cost leadership on the basis of costs (prices) reduction and routine technologies under the conditions of external environment with a small number of factors important for survival. The low level of centralization (decentralization) is typical for enterprises that use the strategy of diversification and non-routine technologies under the conditions of the indefinite and controversial environment with a large number of factors

important for survival. The recommendations on the level of centralization of making managerial decisions are given in table 6.

**Table 6.** Recommendations on the level of centralization of making managerial decisions

Factors	Factor meaning
High level of centralization	
External environment state	Low degree of complexity, controversy and uncertainty. High degree of controversy, low degree of complexity and high degree of uncertainty. High degree of controversy, low degree of complexity and uncertainty.
Technologies	High degree of technology routinization
Size	Big, medium
Strategy	Cost leadership on the basis of cost (prices) reduction
Medium level of centralization	
External environment state	Low degree of controversy, high degree of complexity and low degree of uncertainty Low degree of complexity and inconsistency, high degree of uncertainty
Technologies	High degree of technology routinization
Size	Big, medium
Strategy	Differentiation
Low level of centralization	
External environment state	Low degree of controversy and uncertainty, high degree of complexity.
Size	Medium, small
Strategy	Focus

The implementation of the adopted competitive strategy is supported by a complex strategic set, that is the system of strategies of different types within a certain period of time that reflects the specifics of the enterprise operation and development as well as its position in the external environment [10]. Any strategy is implemented within the organizational structure which, in turn, is a tool for implementing the strategy. Therefore, strategic planning should be also involved in the structural strategy which should include the analysis of the available structure, the possibility of its adjustment and changes in accordance with the competitive strategy of the company, the analysis of the factors of the external and internal environment that can affect the organizational structure.

#### References:

- Ivanov, Yu. B. (1997), *Competitiveness of an enterprise in the conditions of the formation of market relations: Monograph* [Konkurentosposobnost' predpriyatiya v usloviyakh formirovaniya rynochnykh otnosheniy: Monografiya]. Kharkiv: RIO HSEU. 248 p.
- Kuzmin, O. E., Melnyk, O. G. (2003), *Theoretical and Applied Fundamentals of Management: A Manual* [Teoretychni ta prykladni zasady menedzhmentu: Navchal'nyy posibnyk]. National University Lviv Polytechnic. "Intellect-West". 228 p.
- Afonin, A. S., Nesterchuk, V. P. (2002), *Technology of Enterprise Restructuring: A Manual*. [Tekhnolohiya restrukturyzatsiyi pidpryyemstva: Navchal'nyy posibnyk] Kyiv : View Europe. Unitary Finance, Inform. systems, management and business. 72 p.
- Martynenko, N. (1997), *Technology of Management: A Textbook for Students of Higher Educational Institutions* [Tekhnologiya menedzhmenta: Uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy]. Kyiv : MP "Lesya". 800 p.
- Daft, R. (2001), *Organizations. A textbook for psychologists and economists* [Organizatsii. Uchebnik dlya psikhologov i ekonomistov]. SPb. : prime-EVROZNAK. 352 p.
- Mintzberg, H. (1979), *The Structuring of Organizations*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Nazarova, G. V., Ivanysov, O. V., Dorovsky, O. F. (2010), *Management of Development of Industrial Enterprises: Monograph* [Upravlinnya rozvytkom diyal'nosti promyslovykh pidpryyemstv: monohrafiya]. Kharkiv: KhNEU. 240 p.
- Shehda, A. V. (2002), *Management: Training Manual* [Menedzhment: Navchal'nyy Posibnyk]. Kyiv : T-vo "Znannya". KOO. 584 p.
- Ovsiyevich, B. L. (1979), *Models of formation of organizational structures* [Modeli formirovaniya organizatsionnykh struktur]. Lviv : Nauka. 157 p.
- Nazarova, H. V., Lapytev, V. I., Korsakov, D. O. (2014), *Assessment of the Competitiveness of the Enterprise Personnel Management System: Monograph* [Otsinka konkurentospromozhnosti systemy upravlinnya personalom pidpryyemstva: monohrafiya]. Kharkiv: KHNEU im. S. Kuznetsya. 188 p.

#### Conclusions

The choice of an adequate organizational structure is the basis for managerial, informational, and communicative processes that take place at the enterprise and ensure the implementation of the chosen strategy and a quick response to changes in the market environment. The conducted study enabled generalizing the experience in assessing the impact of factors of the internal and external environment on the choice and operation of management organizational structures on the basis of the situational approach. The further areas of study are the implementation of the technique for applying update software and information technologies, which enables using the technique at the enterprise in an automated mode.

**Назарова Галина Валентинівна** – доктор економічних наук, професор, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, завідувач кафедри економіки та соціальних наук, м. Харків, Україна; e-mail: ngv@hneu.edu.ua; ORCID: 0000-0003-4893-5406.

**Назарова Галина Валентиновна** - доктор экономических наук, профессор, Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, заведующий кафедры экономики и социальных наук, г. Харьков, Украина; e-mail: ngv@hneu.edu.ua; ORCID: 0000-0003-4893-5406.

**Nazarova Galyna** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Head of the Department of Economics and Social Sciences, Kharkiv, Ukraine; e-mail: ngv@hneu.edu.ua; ORCID: 0000-0003-4893-5406.

**Назаров Нікіта Костянтинівич** – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, доцент кафедри менеджменту та бізнесу, м. Харків, Україна; e-mail: nazarov\_nikita@hneu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-8766-2248.

**Назаров Никита Константинович** - кандидат экономических наук, доцент, Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, доцент кафедры менеджмента и бизнеса, г. Харьков, Украина; e-mail: nazarov\_nikita@hneu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-8766-2248.

**Nazarov Nikita** – PhD (Economics), Associate professor, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Associate professor of the Department of Management and Business, Kharkiv, Ukraine; e-mail: nazarov\_nikita@hneu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-8766-2248.

## АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ КОНФІГУРАЦІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНКУРЕНТНИХ СТРАТЕГІЙ

Серед напрямів, підвищення конкурентоспроможності підприємств особливе місце займає розробка адекватної організаційної структури, яка дозволить забезпечити ефективну та скоординовану взаємодію усіх структурних підрозділів підприємства по реалізації конкурентних стратегій. У статті проведено аналіз вибору організаційної конфігурації структури підприємства для трьох базових конкурентних стратегій М. Портера: лідирування на основі зниження витрат (цін); диференціації; фокусування. Для аналізу організаційно-структурної складової реалізації конкурентних стратегій пропонується використання ситуаційного підходу. Першим етапом такого підходу є емпіричний аналіз параметрів впливу на вибір організаційної структури. На другому етапі проведений аналіз формалізується у вигляді таблиці правил, що дозволяє надалі сформувати базу знань експертної системи. На третьому етапі експерти, консультанти по управлінню, надають кожному правилу визначену вагу, що відбиває думку експерта про силу впливу кожного конкретного фактору внутрішнього і зовнішнього середовища на параметри структури управління. У стратегічному наборі необхідно передбачити структурну стратегію, яка повинна включати аналіз існуючої структури, можливість її корегування і зміни згідно конкурентної стратегії підприємства, аналіз факторів зовнішнього і внутрішнього середовища, що можуть вплинути на організаційну структуру. **Результатами** дослідження є отримання експертним шляхом таблиць значень організаційно-структурних параметрів для формування та впровадження організаційної структури підприємства в процесі реалізації обраної конкурентної стратегії. Програмна реалізація експертної системи засобами сучасних інформаційних технологій дасть можливість використання розробленої системи для створення проекту структури управління конкретного підприємства, що підтримує його конкурентні стратегії.

**Ключові слова:** конкурентоспроможність підприємства, організаційна структура, конкурентна стратегія, організаційна конфігурація, ситуаційний підхід.

## АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОНКУРЕНТНЫХ СТРАТЕГИЙ

Среди направлений повышения конкурентоспособности предприятий, особое место занимает разработка адекватной организационной структуры, которая позволит обеспечить эффективное и скоординированное взаимодействие всех структурных подразделений предприятия по реализации конкурентных стратегий. В статье проведен анализ выбора организационной конфигурации структуры предприятия для трех базовых конкурентных стратегий М. Портера: лидерство на основе снижения расходов (цен); дифференциации; фокусирования. Для анализа организационно-структурной составляющей реализации конкурентных стратегий предлагается использование ситуационного подхода. Первым этапом такого подхода является эмпирический анализ параметров влияния на выбор организационной структуры. На втором этапе проведенный анализ формализуется в виде таблицы правил, что позволяет в дальнейшем сформировать базу знаний экспертной системы. На третьем этапе эксперты, консультанты по управлению, предоставляют каждому правилу определенный вес, который отражает мнение эксперта о силе влияния каждого конкретного фактора внутренней и внешней среды на параметры структуры управления. В стратегическом наборе необходимо предусмотреть структурную стратегию, которая должна включать анализ существующей структуры, возможность ее корректировки и изменения согласно конкурентной стратегии предприятия, анализ факторов внешней и внутренней среды, которые могут повлиять на организационную структуру. **Результатами** исследования является получение экспертным путем таблиц значений организационно-структурных параметров для формирования и внедрения организационной структуры предприятия в процессе реализации избранной конкурентной стратегии. Программная реализация экспертной системы средствами современных информационных технологий предоставит возможность использования разработанной системы для создания проекта структуры управления конкретного предприятия, которое поддерживает его конкурентные стратегии.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность предприятия, организационная структура, конкурентная стратегия, организационная конфигурация, ситуационный подход.

M. TURKINA, O. SKACHKOV

## ECONOMIC EFFICIENCY OF MODERNIZING THE EQUIPMENT FOR THERMAL POWER PLANTS

The **subject** matter of the study is the economic efficiency of modernizing equipment for thermal power plants (TPP). The **goal** of the study is to identify the economic efficiency of modernizing the equipment of the TPP basing on new technology and taking into account cost minimization and environmental requirements. The **subject** of the study is the theoretical and practical aspects of the economic efficiency of equipment modernization. To find a solution of this problem, the feasibility analysis was used to determine the current state of TPP equipment and the indicators of the parameters of old and new equipment as well as to introduce new equipment, which enables burning low-grade and waste coal in a circulating fluidized bed (CFB). The issues of energy as the industry that covers energy resources, extraction, transformation, transfer and use of various types of energy are considered. The features of an electric power station, as a set of installations, equipment and tools which are used directly for producing electric energy are highlighted as well as the necessary facilities that are located on a designated area. The features of the structure of the technology of thermal power plants are illustrated. The place of thermal power plants in the structure of power engineering is considered. The available problems of thermal power plants are revealed. The solution of problems of low efficiency, the deterioration and ageing of thermal power plants equipment is suggested. The indicators of the equipment of thermal power plants are given. The advantages and disadvantages of the old technologies used in thermal power plants of Ukraine are studied. The disadvantages of outdated equipment such as damage and constant need for reconstruction are regarded. The mechanism of introducing the new technology of the circulating fluidized bed (CFB) in comparison with the traditional flaring at domestic and foreign thermal power plants is analyzed. The advantages and disadvantages of the CFB technology in comparison with traditional flaring are considered. The **results** of the feasibility study are presented; these results provide the basis for determining the most promising objects for the implementation of this technology while retooling power plants. The effect of modernizing the equipment of thermal power plants is proved. Solutions for improving the cost-effectiveness of thermal power plants are suggested. The results of the obtained decision within this study are illustrated.

**Keywords:** power engineering, thermal power plant, modernization of equipment, technology of circulating fluidized bed, introduction, traditional flaring, fuel, retooling.

### Introduction

Heat power engineering is a branch of heat engineering that is engaged in converting heat into other types of energy, mainly into mechanical and electrical ones. Thermal power plants are used to generate mechanical energy at the cost of heat; the mechanical energy obtained in these installations is used to drive working machines or electromechanical generators which help produce electricity. Installations that do not use electromechanical generators to convert heat into electricity are called electrical conversion units. These include magneto-hydro-dynamic generators, thermoelectric generators, thermal emission energy converters.

The basis of modern heat and power engineering is heat-power facilities of steam turbine power stations consisting that comprise a boiler and a turbine. Thermal power plants (TPP) are often built in large cities and condensing power plants (CPP) in the areas with cheap fuel.

### The analysis of literary source and problem statement

The issues of retooling thermal power plants are considered in the works of many scientists, among them are M. Borisov [1], O. Maystrenko [2], S. Dubovsky [3] and O. Matiiko, N. Rodzevich, G. Gnatyuk, A. Matvienko, A. Gorshkov, Yu. Klushin, M. Kulik, Z. Geletii, A. Roskolupa, J. Misak, T. Kravets and many others.

However, it should be noted that although there is already a significant number of scientific works related to the problem of outdated equipment of thermal power plants, there still remain tasks that need to be covered and

issues to be discussed.

Solid-fuel thermal power plants are an integral part of Ukrainian electric-power industry. The prospects of coal and other sectors of the national economy of Ukraine depend on the state of thermal energy.

Such problems as low efficiency, equipment deterioration and ageing, the increase of imported natural gas price under the shortage of coal-mining capacities are among the topical problems of thermal energy. The operation of thermal power plants without their modernization and introduction of new technologies leads to an increase in the share of equipment that worked out the resource and results in technological failures, an increase in the electricity cost, specific fuel consumption. Also, a significant issue in heat engineering is that thermal power plants (TPPs) have a negative impact on the environment.

The problem of the reasonable and balanced use of the enriched coal as a fuel for existing boiler units with flaring technology is of great importance today as well as the use of low-grade ordinary coal and waste coals as a fuel for new advanced technologies of "pure" burning and, in particular, in the boilers of a circulating fluidized bed (CFB).

One of the methods of solving these problems is the use of a new ecologically pure technology for solid fuel burning in CFB under atmospheric pressure. Now, this technology is used in new equipment – CFB boiler units with the capacity of 200-460 MW and they can be used with supercritical parameters.

**The goal and objectives** of the study are to identify the economic efficiency of modernizing TPP equipment on the basis of new technology and taking into account cost minimization and environmental requirements. The

objectives of the research are to study the information base of the research, to analyze the technical and economic conditions of outdated and modern equipment of thermal power plants, to make an economic analysis of the introduction of new equipment.

### Materials and methods of the study

To solve this problem, the feasible analysis was used to determine the current state of TPP equipment, the indicators of parameters of outdated and new equipment and capabilities of introducing new equipment and burning low-grade coal and waste in a circulating fluidized bed (CFB). The information base of the research is the materials of technical and economic indicators and characteristics of the equipment of thermal power plants, in particular, the Vuglegirska thermal power plant, works of domestic and foreign authors as well as scientific information posted on the Internet.

### The results of the study

The introduction of a new power unit with the technology of a circulating fluidized bed will increase the productivity and power capacity of the Vuglegirska thermal power plant in the electricity market. It will also result in the growth of the company profits by increasing the efficiency of work and increasing electrical output as well as will enable retooling available main energy equipment.

The installed capacity of the power plant will be 3720 MW. The use of new power units will increase the demand for low-quality coal. Economic efficiency will be positive. Building a new power unit will enable creating new jobs for the period of building only.

### The discussion of the results

The issues of modernization are topical and should be solved at the Vuglegirska thermal power plant of PAT Centrengo. Thermal power plants are the basis of the electric power industry. Fuel that is used at TPP is coal, natural gas, residual fuel oil, shales, firewood. TPP comprise a thermal power plant fuel system and pulverized fuel system; boiler equipment – a set of a boiler and auxiliary equipment; water treatment facilities and condensate systems; service water system; the system of ash handling and slag disposal; electrical and technical facilities; electric equipment control system.

The design capacity of the Vuglegirska TPP is 3600 MW, particularly – the first line units are four 300 MW coal-based generating units adapted for running on natural gas, the second line units are three 800MW oil/gas units. The construction of the power plant started in 1968. The first unit of 300 MW capacity was put into operation in December 1972, the construction of the first stage finished in 1973, the second one was completed in 1977. The TPP is located in the Donetsk region, on the left bank of the reservoir impounded on the river Lugan.

The TPP main facilities are the main building of I and II lines; a joint auxiliary building; fuel facilities; oil / residual fuel facilities; drinking and service water objects and systems of ash handling and slag disposal; electrical and technical facilities; sewage disposal plants. The thermal circuit of the TPP arrangement provides the block principle of operating without cross connections among power units along the main lines. In the main building, there is a plant central control board, two unit switchboards for 300 MW 4 units and three unit switchboards for 800 MW 3 units (table 1).

Operating capacitance in 2016 is 2432,2 MW with planned 2385,9 MW.

**Table 1.** Short characteristic of the equipment of 300 and 800 MW units

			300 MW power unit	800 MW power unit	
Boilers	single-body unit with industrial superheater	boiler steam	type	ТНП-312А	ТГМП-204
			factory	Taganrog boiler factory	Taganrog boiler factory
			fuel	ГЦИІІ coal, gas	gas, residual fuel oil
			exhaust conditions	255 kP/cm <sup>2</sup> / 545 °C / 545 °C	255 kP/cm <sup>2</sup> / 545 °C / 545 °C
			steam flow rate	950 t-hr	2650 t-hr
			number of burners	8	36
			turbine drive	OP-12PM	OK-18PU
	power unit		feed pump:	ТНН -1150-340	ПН -1500-350- 2 pcs.
			- primary	ПЭ-600-300-2	-
			- startup and standby	12ПД-8 - 3 pcs.	
	regenerative heater	air	type	PBII-98 - 2 pcs.	PBII-98 - 4 pcs.
			smoke exhauster	ДОД-31,5 - 2 pcs.	-
	forced-draft installation		forced draft blower	ВДН-32Б- 2 pcs.	ВДН-32x2 with a turbo drive OP-12ПВ - 2 pcs.
			pulverized system	fuel	ball-mill pulverizer
				-	



In 2016 the specific consumption of equivalent fuel for the electricity produced by the TPP in general and by I line (300 MW units) was 383.7 g/KW-h (Table 3) compared to 378.5 g / kWh in 2015, while the standard rate in 2016 was 383.7 g/KW-h and the rate planned by the National Joint Company "Energy Company of Ukraine" was 383.7 g/KW-h.

The increase in the specific consumption of equivalent fuel for the electricity produced by the TPP in general and by I line (300 MW units) compared to the consumption in 2015 was 5.2 g / kWh.

The most important reason for increasing the specific fuel consumption for the electricity produced by I line (300 MW units) in 2016 versus 2015 was the increase of heat input to support the viability of 800 MW units when they stopped because of technological needs and weather conditions.

800 MW units did not operate in 2016 році.

In 2016 the specific consumption of equivalent fuel for producing heat in 2016 was 126,0 kg/Gcal versus 123,9 kg/Gcal in 2015 while the standard rate in 2016 was 126,0 kg/Gcal.

The comparative analysis of specific consumption rate for producing electricity and heat in 2016 and 2015 is given in Table 3.

Actual losses of electricity for own needs at the TPP in 2016 were 7,25 % versus 7,26 % in 2015, while the standard rate in 2016 was 7,35 %.

The reduction of actual electricity consumption for own needs is caused by increasing the number of working units from 2,27 in 2015 to 2,37 in 2016 and by increasing the average load from 231 MW in 2015 to 234 MW in 2016.

The comparative analysis of losses for own need in 2016 and 2015 is given in Table 3.

The economy of actual expenses of electric power for own needs versus standard losses in 2016 is 4712 ths. kW/h.

Let us consider the efficiency of the replacement of the outdated TPP boiler 312A with a new one, i.e. ЦКШ in economic terms (Table 4).

**Table 4.** Characteristics of the boiler equipment of Ukraine and China

Boilers	Start-up year	Power capacity, MW	Efficiency, %	Country
ТШБ 312А	1973	300	88,5	Ukraine
АЦКШ	2017	330	92,5	China

The total cost of new equipment is 4 000 000 000 UAH. The annual profit of the new power unit is 1 000 000 000 UAH. The efficiency of a modern boiler is 92,5%, instead of 88,5% of the outdated one. After four 300 MW units were replaced with four 330 MW units, operating capacity of the power plant will be 3720 MW instead of 3600 MW.

The cost of fuel is considerably low due to its low grade. Thus, a tonne of anthracite coal will cost 1,200

UAH / ton, when earlier the price of 1 tonne was 1743.7 UAH / tonne.

$$Cost_{\delta} = 1743,7 \times 2000000 = 3487400000 \text{ UAH/year.}$$

$$Cost_n = 1200 \times 2000000 = 2400000000 \text{ UAH/year.}$$

Economies in fuel is: 3487400000 – 2400000000 = 1087400000 UAH/year

The cost of new equipment is 1 000 000 000 UAH. Four new boilers are needed.

Thus, the following result is obtained:

- the expenses for mounting the equipment are 4 000 000 000 UAH.

- the profit from saving in fuel is 1 087 400 000 UAH / year.

To determine economic efficiency, the formula for calculating the classic indicator of Net Present Value (NPV) should be used.

In this paper the total value of  $CF_i$  (NPV) will be designated as the sum of profits and amortization:

$$CF_i = P + A \quad (1)$$

where P is the company profit;

A is the amortization.

$$CF_i = 1\,000\,000\,000 + 160\,000\,000 = 1\,160\,000\,000 \text{ UAH/year}$$

First, net present values are calculated according to the formula [16] (Table 5):

$$\frac{\sum CF_i}{(1+r)^t} \quad (2)$$

where  $CF_i$  is monetary flows arranged by the years;

r is the discounting rate (15%);

t is the year in succession;

Then, for the first year, the net present value is

$$\frac{\sum CF_i}{(1+r)^t} = \frac{160000000}{(1+0,15)^1} = 966666667 \text{ UAH.}$$

The net present value is calculated according to the formula:

$$NPV = \frac{\sum CF_i}{(1+r)^t} - I, \quad (3)$$

where I is the amount to be invested;

$\frac{\sum CF_i}{(1+r)^t}$  is the amount of net cash flows;

$$\frac{\sum CF_i}{(1+r)^t} = 4\,389\,999\,925 \text{ (Table 5);}$$

$$NPV = 4\,389\,999\,925 - 4\,000\,000\,000 = 389\,999\,925 \text{ грн.}$$

In this case, NPV is positive.

The excess present value index is calculated according to the formula:

$$PI = \frac{\sum CF_i}{(1+r)^t} / I. \quad (4)$$

Then the excess present value index will be equal to 4 389 999 925 / 4 000 000 000 = 1,09.

If the excess present value index is greater than 1, changing the equipment is an efficient solution.

**Table 5.** NPV calculation

Years	Amount to be invested, UAH	Monetary flows, UAH (CF)	Net cash flows, UAH	Net present value, UAH (NPV)
2017	4 000 000 000	1 160 000 000	1 008 695 652	-2 991 304 348
2018		1 160 000 000	877 126 654	-2 114 177 694
2019		1 160 000 000	762 718 830	-1 351 458 864
2020		1 160 000 000	663 233 765	-688 225 099,3
2021		1 160 000 000	576 725 013	-111 500 086,3
2022		1 160 000 000	501 500 011	+389 999 925
Всього	4 000 000 000	6 960 000 000	4 389 999 925	+389 999 925

Payback period (discounted) will last longer than 5 but less than 6 years. The exact value can be calculated by the formula:

Payback period (discounted) = 5 + (remaining investor debt by the end of the 5th year) / net cash flow for the 6th year.

Payback period = 5 + 111 500 086.3 / 501 500 011 = 5.22 years.

Therefore, in less than 6 years the company will fully cover the cost of equipment only at the expense of buying low-grade fuel.

The fuel component of the cost of electricity in 2016 was 69.9 kopecks / kW. After the implementation, this indicator will be far less.

Despite the higher cost of mounting such boiler equipment, CFB boilers have a number of advantages. First of all, they are environmentally friendly due to efficient multi-polar electrical precipitation filters used for separating flue gases from solid particles, the efficiency of such filters is practically equal to 100%.

In addition, the boiler with CFB is economical as it has a higher efficiency when operating on low-grade energy fuels due to the fact that unburned fuel particles are returned to the combustion chamber mixing with a new fuel delivery. It is important that the CFB technology enables using low quality fuel with high ash content.

Thus, putting into operation new electric units with the capacity of 330 MW can improve the characteristics of the Vuglegirska TPP.

Retooling the blocks according to the new technology of burning low-grade coal or mud coal in CFB

boilers will significantly improve the technical and economic performance of the power station, will reduce social tension in the Donbass region by providing the regional population with jobs, will improve the environmental condition of the area [14]. Building the boiler will allow Ukrainian experts to improve their professional skills and acquire experience in the process of constructing, designing, manufacturing and mounting the equipment as well as building.

### Conclusions

At the present stage, the thermal energy of Ukraine is in critical condition because of the deterioration of the main technological equipment, the lack of manoeuver capacity as well as the large environmental impact. This condition can be improved by upgrading equipment. Such retooling should be carried out using new boilers with circulating fluidized bed which are already used abroad and at some thermal power plants in Ukraine.

This technology ensures high efficiency, environmental cleanliness, reliability and manoeuverability of modern TPPs. Such technology is the most promising method for reconstructing and building new power units of thermal power plants.

It is worth noting that this technology enables burning coal together with peat and biomass, which is an interesting and advanced technical solution for implementing such projects in Ukraine.

### References

1. Borisov, M. A., (2008), *The development of thermal power Ukraine-based modernization of the main mechanical equipment TPP* [Rozvytok teplovoi enerhetyky Ukrainy na osnovi modernizatsii osnovnoho teplomekhanichnoho obladnannia TES]. Abstract. diss ... PhD (Engineering Sciences): specialty 05.14.01. NAS of Ukraine, Institute of Society Energy. Kyiv. 23 p.
2. Maistrenko, O. Yu., (1999), *Basic laws of combustion and gasification of high-altitude coal in various modifications of the boiling layer* [Osnovni zakonirnosti horinnia ta hazyfikatsii vysokozolnogo vuhillia v riznykh modyfikatsiakh kyplachoho sharu]. Abstract. diss ... Doctor of Sciences (Engineering): specialty 05.14.04. NAS of Ukraine. Institute of Gas. Kyiv. 38 p.
3. Dubovsky, S. V., Kobernik, V. S., "Analysis of the efficiency of energy conversion technologies at TPPs, taking into account restrictions on emissions of harmful elements" [Analiz efektyvnosti tekhnolohii peretvorennia enerhii na TES z urakhuvanniam obmezhen na vykydy shkidlyvykh elementiv]. Institute of General Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine.
4. Kulik, M. P., Kravets, T. Yu., "Increasing efficiency of combustion of organic fuels in combined steam and gas power plants" [Pidvyshchennia efektyvnosti spaliuvannia orhanichnoho palyva v kombinovanykh parohazovykh enerhetychnykh ustanovkakh]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Lviv Polytechnic National University.

5. Matiiko, M. M., Matiiko, O. M., Rodzevich, N. S., Gnatyuk, G. M., Matvienko, A. M. (1961), *Russian-Ukrainian technical dictionary*. Kyiv. 648 p.
6. Geletii, Z., Roskulup, M., Misak, J., Kravets, T., (2002), "Economic efficiency of low-quality solid fuel of the western region of Ukraine for the production of electric energy" [Ekonomiczna efektyvnist nyzkoiakisnoho tverdogo palyva zakhidnoho rehionu Ukrainy dlia vyrobnytstva elektrychnoi enehrii]. *Heat power engineering. Environmental engineering. Automation*. Lviv Polytechnic National University Institutional. No. 460. P. 123-127.
7. "Energy strategy of Ukraine for the period up to 2030-year" [Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2030-roku]. Information and analytical bulletin. *Information from the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine*. Special issue. Kyiv: 2006. P. 122.
8. Korcheva, Yu. P., Maystrenko, O. Yu., Yatskevich, S. V. (1994), "The technology of combustion of coal in a circulating fluidized bed" [Tekhnolohiia spaliuvannia vuhillia u tsyrkuliuiuchomu kypliachomu shari]. *Minenergo - NAS of Ukraine*. Kyiv. P. 64.
9. Korcheva, Yu. P., Borisov, M. A., Maistrenko, A. Yu., Chernyavsky, M. V., Espel, A., Nauke, J., (2002), "Use of technologies of circulating fluidized bed for combustion of coal-enriched waste" [Vykorystannia tekhnolohii tsyrkuliuiuchoho kypliachoho sharu dlia spaliuvannia vidkhodiv vuhlezbahachennia]. *Power engineering and electrification*. No. 1. P. 8-11.
10. Maystrenko, O. Yu., Cherniavsky, M. V., Yatskevich, S. V., Gummel, P. (1996), "Experimental combustion of the mixture of anthracite sludge and pest in the CSCS at the laboratory plants of the STECU" [Doslidne spaliuvannia sumishi antratsytovykh shlamu i shtybu v TsKSh na laboratornykh ustanovkakh NTTsUE]. *Power engineering and electrification*. No. 6. P. 28-34.
11. Inyakin, V. M. (2001), "The future of Donbass - in supernovae energy technologies" [Maibutnie Donbasu - v nadnovykh enerhetychnykh tekhnolohiiakh]. *Energy saving*. No. 10. P. 15-16.
12. Ephraim, C. (2007), "Formation of competitive energy markets in Ukraine" [Formuvannia konkurentnykh enerhorynkiv v Ukraini]. *Ukraine economy*. No. 10. P. 15-28.
13. "The technology of a circulating fluidized bed (CSCS) in thermal energy" [Tekhnolohiia tsyrkuliuiuchoho kypliachoho sharu (TsKSh) v teplovii enerhetytsi]. Available at: <https://kmzp.com.ua/blog/cks.html>
14. Kalinets, A.P., Silayev, V. I. "Results of implementation of advanced technology at Starobeshivska TPP" [Rezultaty vprovadzhennia peredovoi tekhnolohii na Starobeshivskii TES]. *Donetsk State University of Management*.
15. Simak, R. S., Rezanov, E. N., Golavsky, V. C., Glukhova, M. V., "Estimation of economic efficiency of reconstruction and technical re-equipment of heat energy sources" [Otsinka ekonomichnoi efektyvnosti rekonstruktsii ta tekhnichnoho pereozbroiennia dzhherel teplovoi enerhii]. *Omsk State University of Communication*.
16. Sinyuk, Yu. S., Grebenikov, I. R., "Development of a model for evaluation of investment projects for the replacement of technological equipment" [Rozrobka modeli otsinky investytsiinykh proektiv po zamini tekhnolohichnoho obladnannia]. VI *International Student Scientific and Practical Conference "Scientific Society of Students"*. Vol. 2.

Receive 20.10.2017

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

**Туркіна Марина Віталіївна** – Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського "ХАІ", студентка кафедри економіки та маркетингу, м. Харків, Україна; e-mail: [marihaturkina@gmail.com](mailto:marihaturkina@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0863-7124.

**Туркіна Марина Витальевна** – Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского "ХАИ", студентка кафедры экономики и маркетинга, г. Харьков, Украина; e-mail: [marihaturkina@gmail.com](mailto:marihaturkina@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0863-7124.

**Turkina Maryna** – National Aerospace University - Kharkiv Aviation Institute, Student of the Department of Economics and Marketing, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [marihaturkina@gmail.com](mailto:marihaturkina@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0863-7124.

**Скачков Александр Николаевич** – кандидат технічних наук, Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського "ХАІ", доцент кафедри економіки та маркетингу, м. Харків, Україна; e-mail: [skachkovoleksandr@gmail.com](mailto:skachkovoleksandr@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5402-3932.

**Скачков Александр Николаевич** – кандидат технических наук, Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского "ХАИ", доцент кафедры экономики и маркетинга, г. Харьков, Украина; e-mail: [skachkovoleksandr@gmail.com](mailto:skachkovoleksandr@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5402-3932.

**Skachkov Oleksandr** – PhD (Engineering), National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Associate Professor of the Department of Economics and Marketing, Kharkiv, Ukraine; e-mail: [skachkovoleksandr@gmail.com](mailto:skachkovoleksandr@gmail.com); ORCID: 0000-0002-5402-3932.

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

**Темою** дослідження є економічна ефективність модернізації обладнання для теплових електростанцій. **Метою** роботи є виявлення економічної ефективності з модернізації обладнання ТЕС на основі використання нової технології та з урахуванням мінімізації витрат та виконання екологічних вимог. **Предметом** дослідження є теоретичні та практичні аспекти економічної ефективності модернізації обладнання. Для знаходження рішення даного питання необхідним було використати техніко-економічний аналіз, який використовувався для визначення сучасного стану обладнання ТЕС, для показників параметрів старого та нового обладнання, а головне для впровадження нового обладнання та можливості спалювання низькосортного вугілля і відходів вуглезабагачення в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ). Розглянуто проблеми енергетики, як галузі господарства, котра охоплює енергетичні ресурси, добування, перетворення, передачу і використання різноманітних видів енергії. Висвітлено особливості електричної станції, як сукупності установок, обладнання та апаратури, які використовуються безпосередньо для виробництва електричної енергії, а також необхідних для цього споруд та будівель, розташованих на певній території. Висвітлено особливості структури технології теплових електростанцій. Розглянуто місце теплових електростанцій в структурі енергетики. Виявлено сучасні проблеми теплових електростанцій. Запропоновано рішення проблем низької ефективності, зношення та старіння обладнання теплових електростанцій. Наведено матеріали показників обладнання теплових електростанцій. Досліджено переваги та недоліки старих технологій, що використовуються

на теплових електростанціях України. Висвітлено недоліки старого обладнання у вигляді пошкоджень та постійної потреби у реконструкції. Проаналізовано механізм впровадження нової технології циркулюючого киплячого шару (ЦКШ) в порівнянні з традиційним факельним спалюванням палива на вітчизняних та зарубіжних теплових електростанціях. Розглянуто переваги і недоліки технології ЦКШ в порівнянні з традиційним факельним спалюванням палива. Наведено **результати** техніко-економічного аналізу, на основі яких визначено найбільш перспективні об'єкти для впровадження цієї технології при технічному переозброєнні електростанцій. Знайдено ефект від модернізації обладнання теплових електростанцій. Винайдені рішення для покращення економічної ефективності теплових електростанцій. Висвітлені результати отриманого рішення даного дослідження.

**Ключові слова:** енергетика, тепла електростанція, модернізація обладнання, технологія циркулюючого киплячого шару, впровадження, традиційне факельне спалювання, паливо, реконструкція.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Темой** исследования является экономическая эффективность модернизации оборудования для тепловых электростанций. **Целью** работы является выявление экономической эффективности по модернизации оборудования ТЭС на основе использования новой технологии и с учетом минимизации затрат и выполнения экологических требований. **Предметом** исследования являются теоретические и практические аспекты экономической эффективности модернизации оборудования. Для нахождения решения данного вопроса необходимо было использовать технико-экономический анализ, который использовался для определения современного состояния оборудования ТЭС, для показателей параметров старого и нового оборудования, а главное для внедрения нового оборудования и возможности сжигания низкосортного угля и отходов углеобогащения в циркулирующем кипящем слое (ЦКС). Рассмотрены проблемы энергетики, как отрасли хозяйства, которая охватывает энергетические ресурсы, извлечения, преобразования, передачи и использования различных видов энергии. Освещены особенности электрической станции, как совокупности установок, оборудования и аппаратуры, используемых непосредственно для производства электрической энергии, а также необходимых для этого сооружений и зданий, расположенных на определенной территории. Освещены особенности структуры технологии тепловых электростанций. Рассмотрены место тепловых электростанций в структуре энергетики. Выявлены современные проблемы тепловых электростанций. Предложено решение проблем низкой эффективности, износа и старения оборудования тепловых электростанций. Приведены материалы показателей оборудования тепловых электростанций. Исследовано преимущества и недостатки старых технологий, используемых на тепловых электростанциях Украины. Освещены недостатки старого оборудования в виде повреждений и постоянной потребности в реконструкции. Проанализирован механизм внедрения новой технологии циркулирующего кипящего слоя (ЦКС) по сравнению с традиционным факельным сжиганием топлива на отечественных и зарубежных тепловых электростанциях. Рассмотрены преимущества и недостатки технологии ЦКС по сравнению с традиционным факельным сжиганием топлива. Приведены **результаты** технико-экономического анализа, на основе которых определены наиболее перспективные объекты для внедрения этой технологии при техническом перевооружении электростанций. Найдено эффект от модернизации оборудования тепловых электростанций. Изобретены решения для улучшения экономической эффективности тепловых электростанций. Освещены результаты полученного решения данного исследования.

**Ключевые слова:** энергетика, тепловая электростанция, модернизация оборудования, технология циркулирующего кипящего слоя, внедрение, традиционное факельное сжигание, топливо, реконструкция.

N. CHUKHRAI, O. MRYKHINA

## DEVELOPING TECHNOLOGIES ON THE BASIS OF KNOWLEDGE TRANSFORMATION CHAINS

The **subject** matter of the article is the theoretical and applied aspects of technology development on the basis of knowledge transformation chains. The current scientific and technological progress of the leading countries of the world is marked by an increase in the level of intellectualization and a reduction in the life cycle of technologies. This encourages the study of the features of the generation and dissemination of knowledge as a driving force for the development of technology. Understanding the nature of the transformation of knowledge is the basis for managing the development of technology efficiently. Therefore, the **goal** of the article is to study the development of technologies on the basis of knowledge transformation chains. To achieve the stated goal, a number of **tasks** have been solved: the evolutionary development of approaches to understanding the concept of technology was studied as well as the concept of technology as a commodity; the nature of technology that determines the features of its current development in the chains of knowledge transformation was considered; the determinants of the concept of technology dictated by the chains of knowledge transformation were identified. In the course of the scientific work, the following **methods** were applied: grouping method, the method of structural and logical analysis, the methods of analysis and synthesis, graphical method. The conceptual approach to understanding the development of technologies on the basis of knowledge transformation chains was designed as the **result** of the study. Knowledge, as an intangible component of technology together with materialized technology, is transferred thus determining the formation of new knowledge. Consequently, the intangible component of technology enhances its material component and determines the creation of additional value. In this process, technology can be subject to market effects or generate such effects itself. On the basis of the suggested conceptual approach, significant determinants are identified, they reflect the concept of technology taking into account its development on the basis of knowledge transformation chains. **Conclusions:** the suggested conceptual approach to understanding the development of technologies on the basis of knowledge transformation chains enables increasing the level of justification of the technology management processes in the context of the modern paradigm of their transfer, take into account the technology-driven market phenomena (in particular: synergy, convergence, diffusion of technologies, multiplicative effect, spillover effect, “crowd” effect, and so on, and, consequently, to assess the business opportunities stimulated by these phenomena.

**Keywords:** technology, scientific and technical development, knowledge, knowledge transformation, innovation.

### Introduction

Raising the level of the technology intellectualization and reducing its life cycle are the decisive factors of the current technologic advance of the leading countries of the world. The beginning of the IV Industrial Revolution (Davos, 2016) gave rise to the world-wide revision of available approaches to generating and spreading technology. Global transformational processes in the technological sphere are characterized by the synergistic interaction of digital, physical and biological technologies that lead to the changes in both the character of technological progress and the approaches to human development in general. This is evident from the fact of the popularization of the concepts of creative economy, *Society 5.0*, and other current economic theories. Increasing the share of intellectual property as a part of technology, developing artificial intelligence, raising the importance of intangible assets, peculiarities of the development of the consumer value of technologies as well as other events and phenomena actualize technology in a new perspective. Knowledge and intelligence are of primary importance in the context of the conceptual framework of technology.

A new value is created on the basis of the transfer of knowledge embedded in the technology. *The Global Information Technology Report 2016* of the World Economic Forum [1] emphasized the exponential growth of the role of knowledge, materialized in high technologies, the leverage of their boosting, and so on. The technological progress is determined by the nature and speed of the transformation of knowledge embedded in them. That is why the task of the present scientific and

practical interest of the modern economy is studying the latest qualities and peculiarities of technology development on the basis of the evolution of knowledge.

### Analysis of literary sources and problem statement

The works [2 – 12] of foreign and Ukrainian scholars study the issues of technology in the context of technological development and economic growth of mankind. The concepts of “technology” and “technological development” and the approaches to technology management are described in the works [13-18]. Some aspects of predicting the technological progress are highlighted in the works [19-23]. Technologies as system knowledge are studied in the scientific works [24-26, 30], and so on.

Despite a significant number of scientific and practical studies, due attention was not paid to the development of technologies in the context of current features of the world technological progress caused by the intellectualization of technologies and the growth of the role of knowledge. Scientists and practitioners widely declare the approach according to which the transformation of knowledge that generates the chain of knowledge advance is the driving force of the technological progress. At the same time, the main task, that is to study the nature of such transformation and to determine the tools of its management, is not practically solved.

The factors mentioned above determined the subject of this work, which is to describe the theoretical and applied principles of technology development on the basis of knowledge transformation chains. The object of the

research is the technologies in knowledge transformation chains.

### The goal and objectives of the research

The goal of this scientific work is to study the development of technologies on the basis of knowledge transformation chains. To achieve this goal, a number of tasks have been set and solved, particularly: 1) to study the evolutionary development of approaches to understanding the concept of technology; 2) to study the concept of technology as a commodity; 3) to consider the nature of technology which determines the peculiarities of its present progress in the chains of knowledge transformation; 4) to establish the determinants of the concept of technology dictated by the chains of knowledge transformation.

### The materials and methods of the research

Achieving the goal of the work determined the use of the method of grouping, the method of structural and logical analysis, the methods of analysis and synthesis, graphic method.

### The results of the research

The concept of technology is a form of thinking that reflects the essential features of the technology. The term “technology” (from Greek *τεχνολογια* derived from Greek *τεχνολογος*: *τεχνη* – art, skill; *λογος* – (here) to transfer) is first mentioned in the English Logical Encyclopedia in 1670, where it is interpreted as “scientific knowledge concerning skill”. At present, the concept of technology is characterized by a wide range of application: technology describes the manufacture of products, processes, organizations, and so on; technologies are used to perform various tasks of a human life. Technologies are used in all spheres of economic activity.

Despite the fact that in his work “Capital” K. Marx revealed the principles of the development of scientific and technological progress and its interconnection with the economy (in particular, the industrial revolution of the late XVII and early XIX centuries was analyzed), the classical economic analysis was based on the theory of factors of production. The progress of science and technology was mainly explained by the function of capital. Little attention was paid to the study of the nature

of technology in the context of scientific and technological development.

The fruitful relationship between scientific and technological progress and the increase of the social and economic level of the mankind was proved by many neoclassical scholars. In particular, J. Condorcet [27] noted that the progress of the sciences ensures the progress of industry, which subsequently accelerates scientific advances, and this mutual influence, whose action is restored, must be recognized as the most powerful factor in the perfection of the human race. R. Solow [2] proved that the decisive factor of the economic growth is not capital, as it was thought, but technological progress.

At this time, scientists testified that the development of technology and humanity takes place in exponential interconnection. Many scientists associate the technological development of the mankind with the growth of population according to hyperbolic dependence, the essence of which lies in the general intellectual progress of people.

In his work “*Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990*” M. Kremer [3] combines two concepts that explain technological progress, and shows the significantly deeper content of the process of technology development, in contrast to available approaches. The first concept lies in the fact that more people contribute to generating more ideas that ensure technological progress. According to the second concept in the terms of Malthusianism, the population is limited by incomes, and the income is a function of technology. Any increase in the income obtained thanks to the technological progress provokes an increase of population, which results in an increase in the level of technological development proportional to the increase in population.

Proceeding from the mentioned above, J. Collins and his co-authors [5] represented M. Kremer approach to understanding the nature of technology development as the feedback loop. The scientists developed a model of the relationship between the growth of population and technological progress, where an additional element – the “innovation potential” – is added, that is, the characteristic that leads to generating ideas that dissolve the existing boundaries of technology. J. Collins and other scientists in [5] indicate that innovation potential can include IQ, the willingness to invest in innovative technologies, the participation in events where innovative technologies can be introduced, risk and time advantages, and so on (fig. 1).

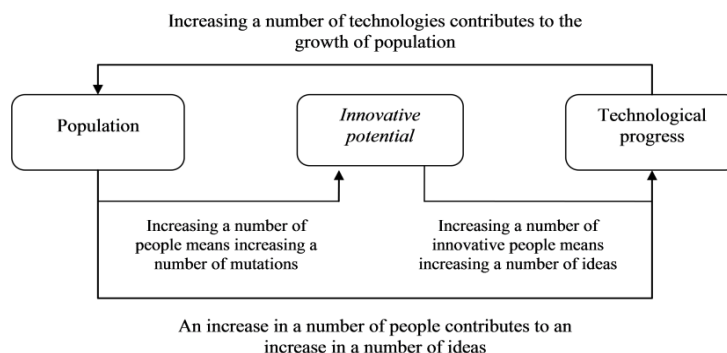


Fig. 1. The model of interconnection of technological progress with the increase in population (J. Collins, B Baer, E. J Weber) [5]

Taking into consideration the acceleration of human adaptive evolution, as well as the fact that more people will mean more mutations, natural selection has more material that can be affected on. The increase in the number of people (and mutations) indicates that mutations that increase the innovative potential of the population will happen more often and with a greater number. As the population grows, the speed of the innovative potential evolution increases. J. Collins and his co-authors give notice that with the development of the population, the relative contribution of the constant growth of the innovative potential to the acceleration of the population growth will decrease. The constant increase of population becomes the main driver of technological progress and its further enhancement. However, this does not mean that the innovative potential is not important, as the level of the innovation potential continues exerting a significant impact. The population with a higher index of the innovative potential is characterized by a much faster demographic development.

The model, presented by scientists, explains the nature and spread of technology, but also raises new questions. In particular, what impact is required for developing technologies and what are the areas this impact can be made in order to manage technological development under the present conditions of globalization? The answers to these questions can differ for various branches of technology, but it is obvious that researching in this sphere can suggest entirely new tools to affect the processes of inventing innovative technologies.

Understanding the nature of technology requires attention to their evolutionary progress during the second part of the XVIII – the first part of the XXI centuries, which was marked by changes in technological systems and industrial revolutions. At the early stages of human development, technology was not directly related to science: on the one hand, the technology used scientific achievements (knowledge, methods, etc.), on the other hand, most technologies did not require a scientific basis for their application. The increase in the importance of the interaction between technology and science dates back to the XVII century when science acquired considerable development, which encouraged translating its results into action in the field of technology where these results made a great progress.

The consolidation of the position of science, which establishes its primary role in the interaction between “science” and “technology”, takes place in the XVIII century when the first Industrial Revolution is gaining momentum. By the end of XX century. economists came to the conclusion that the level and dynamics of scientific and technological progress are the main determinants of the boundaries between highly developed countries of the world and developing countries. Technology as the basis of scientific and technological progress become the basis for the sustainable economic growth of countries. The transition from the industrial age to the present information age enhances the value of technology that stimulates its development at the same time.

According to the Law of Ukraine “On State Regulation of Activities in the Sphere of Technology Transfer”, technology is the result of intellectual activity,

a set of ordered scientific knowledge, technical, organizational and other decisions on the list, the term, the order and sequence of operations, production process, and / or marketing and storing products, providing services [28]. However, these features are not sufficient to understand technology as a lever of the present technological development.

Taking into consideration the fact that technology is a driving force for capital formation, it involves creating a new value that leads to various results. In particular, reducing production costs in labour-intensive branches and/or saving capital in capital-intensive industries can cause a neutral effect during the simultaneous increase of both mentioned factors of production. In the context of scientific and technological progress, technology is considered both as an independent factor of production and as a booster of production factors.

According to the UN methodology, technologies exist in “pure form”, which are expressed in the methods and techniques of production of goods and services (*dissembled technology*) or as embodied technologies that are embodied in machines, equipment, structures, products with high technical and economic parameters, and so on (*embodied technology*).

In the regulations of the World Intellectual Property Organization (WIPO), technology is understood as “the ordered knowledge about the way of manufacturing products or providing services not only in industry but also in agriculture or trade, regardless the form this knowledge is fixed in. This can be an invention, a utility model, an industrial design, species of plant or technical information in the form of a certain set of documents, or some experience and skills of specialists” [29]. The interpretation given by WIPO suggests a clear outline of the forms that technology can acquire.

The analysis the concept of technology shows that this term is often identified with the concept of innovation. At first glance, an innovation can be likened to a technology since the term “innovations” is defined as newly created / applied and / or improved competitive technologies, products or services, as well as organizational, technical, industrial, commercial, or other significant improvements in the structure and quality of production and ( or) social sphere [30]. But, the study of the concept of “innovation” suggests that it is based on the concept of changes, which is a key function of any innovation activity. In turn, technology is the body of knowledge about the sequence of individual production operations. Technology is an applied science of the methods of transforming raw materials or semi-finished products into a finished product [31]. Consequently, the concept of changes also lies at the bottom of the technology. However, the technology is based on innovation and is already a ready-made “data set” for its implementation. An innovation is often just an idea or project that should be shaped up so that it can become a technology and is ready for further transfer.

Present approaches to the definitions of “technology” and “innovation” differ from one another, which often causes scientific discussion. In a broad sense, the transfer of innovation means the transfer of innovative ideas. In particular, the authors of the work [32] consider

the transfer of innovations as the transfer of formal knowledge in a concrete form that is ready for use or as a continuous flow of all types of innovations that involves all participants in the innovative process and penetrates the entire system of relations between them. This is the process through which communication channels and tools spread innovations to the social system members. Its objects are new or improved products and services aimed at solving social, economic and other problems.

The study of the content of “technology” makes it possible to state that despite a sufficiently wide range of interpretations, “technology” is mostly understood as the ordered knowledge (technical and managerial) about how to get the added value (upgraded or innovative products, services, etc.) to meet human needs using a particular method (a set and sequence of operations, their modes) or certain resources. The concept of technology is inherent in the human activity. At the same time, technology is considered a branch of knowledge devoted to the development and implementation of technology in the life of the society on the basis of applied and fundamental science.

From the point of view of the system methodology, technology includes invention, development and management. Technology is not a science (knowledge), but it is closely interconnected with science. One of the founders of the history of science, J. Bernal notes that it is practically impossible to formulate the definition of the concept of “science” and outlines some directions that to some extent can bring the essence of science nearer to understanding.

According to J. Bernal, science appears as 1) the institute; 2) the method; 3) the accumulation of traditions, knowledge; 4) the factor of development of production; 5) the most efficient factor in developing beliefs and attitudes of a human being to the world. [33, p. 18].

Speaking of knowledge, the category of “information” should be mentioned. Knowledge and information are the concepts that are in the relationship of the unity and struggle of opposites. The basis of such opposition is the scientific knowledge, which a person implements in science producing technology.

A technological function resides in science because of human cognitive processes. Scientists use information gathered with the help of technology to explain one or another phenomenon, this contributes to generating scientific knowledge which subsequently becomes the basis for a particular technology. Consequently, any technology is based on the scientific foundation. From this position, science is a factor in regulating scientific and technological progress, as well as managing it.

Science is the knowledge of the natural world, and technology is the knowledge of the world of production. Both concepts are implemented in their close relationship, however, they are fundamentally different. Scientists cannot succeed in scientific work without relying on the gains of other scholars, on the collective memory of the mankind. Consequently, science is an intersubjective category which requires the cooperation of many people. Proceeding from the above, the relationship of science and technology can be represented in the following way (fig.2):

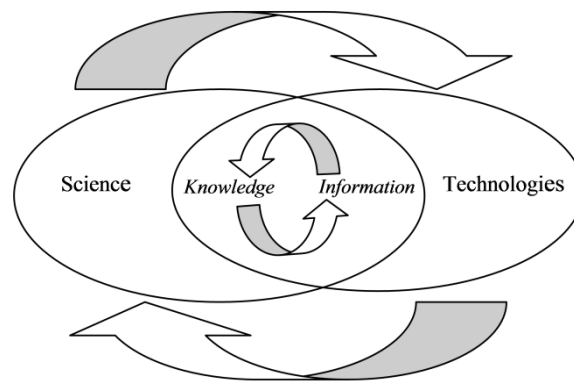


Fig. 2. The interrelation of science and technology and the place of knowledge and information in them

On the basis of scientific research, the knowledge is obtained that becomes the basis for the development of technology. The developed technologies, in their turn, stimulate generating new knowledge or methods for its acquiring, which determines a new scientific research,

and, consequently, can become the basis for developing future technologies (this cycle is outlined in fig. 2).

NESTA suggested reflecting the process of acquiring knowledge as the circulation of two routes – networks and markets (fig. 3).

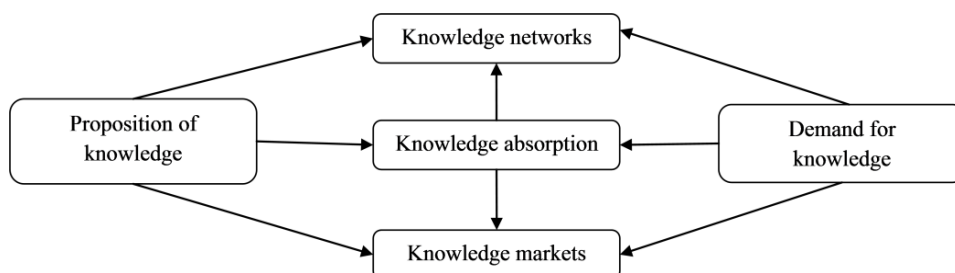


Fig. 3. Knowledge acquisition via networks and markets [34]

The factor of transforming information into knowledge is a person. Some people are constantly generating needs for new technologies, others are solving this by creating new knowledge. The complexity of the circulation presented in fig. 5 lies in the fact of the continuous asymmetry of information, which becomes the basis of knowledge.

Both science (knowledge) and technology are multi-aspect social phenomena. According to its essence, the technology is an operation on the knowledge acquired on the basis of the implementation of other technologies, which also arose as a result of the development of knowledge. Consequently, technologies have an extractive nature, that is, collecting material (knowledge) is mandatory for implementing new knowledge.

The results of the study indicate a wide range of features, properties and functions of the technology. The scope of this study is narrowed down by the context of technology transfer, in particular from universities in the business environment. When studying the concept of

technology from the position of its further transfer, it is important to consider technology as a commodity.

Technology is a product of labour or value capable of meeting certain human needs and intended for exchange (purchase, sale). This is confirmed by the Law of Ukraine "On scientific and scientific and technical activity", where the scientific (scientific and technical) products are specified as scientific and (or) scientific and applied results, intended for implementation [35, Section I, Art. 1]. Consequently, according to the ideological essence of the law, the scientific and technological products (technology) obtained at the university and resulting from research and/or design and development activities (R & D) must be suitable for implementing and generating commercial (social, ecological, etc.) effect. That is, technology is a product that is implemented in accordance with the laws of marketing.

From the point of view of classical marketing, the product is characterized by three levels: core product, actual product (tangible product), augmented product (intangible product) (fig. 4).

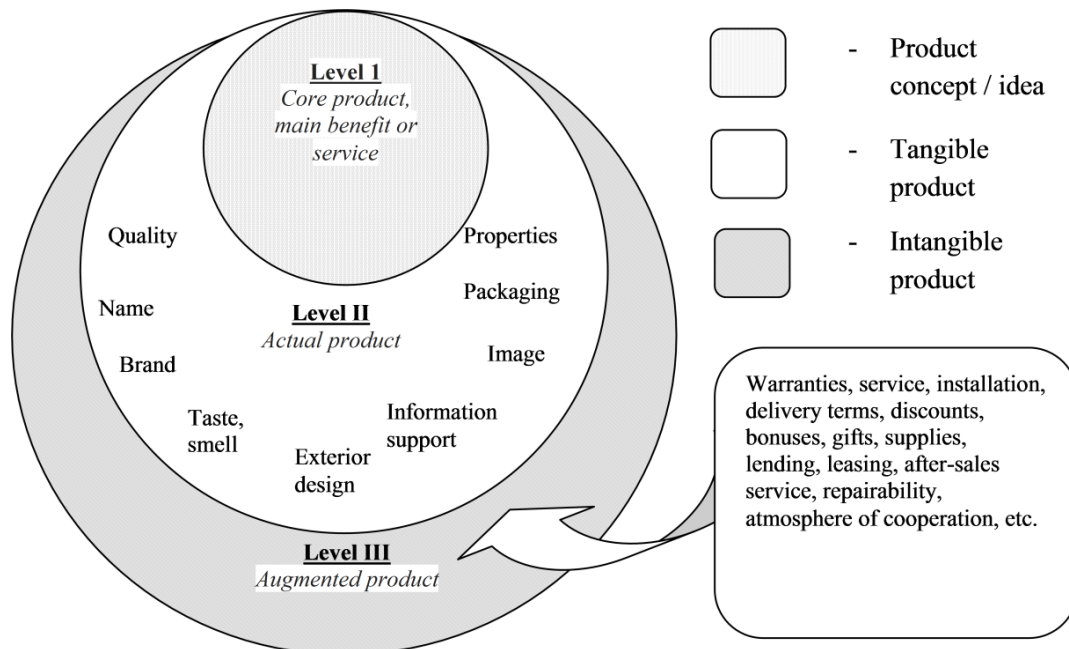


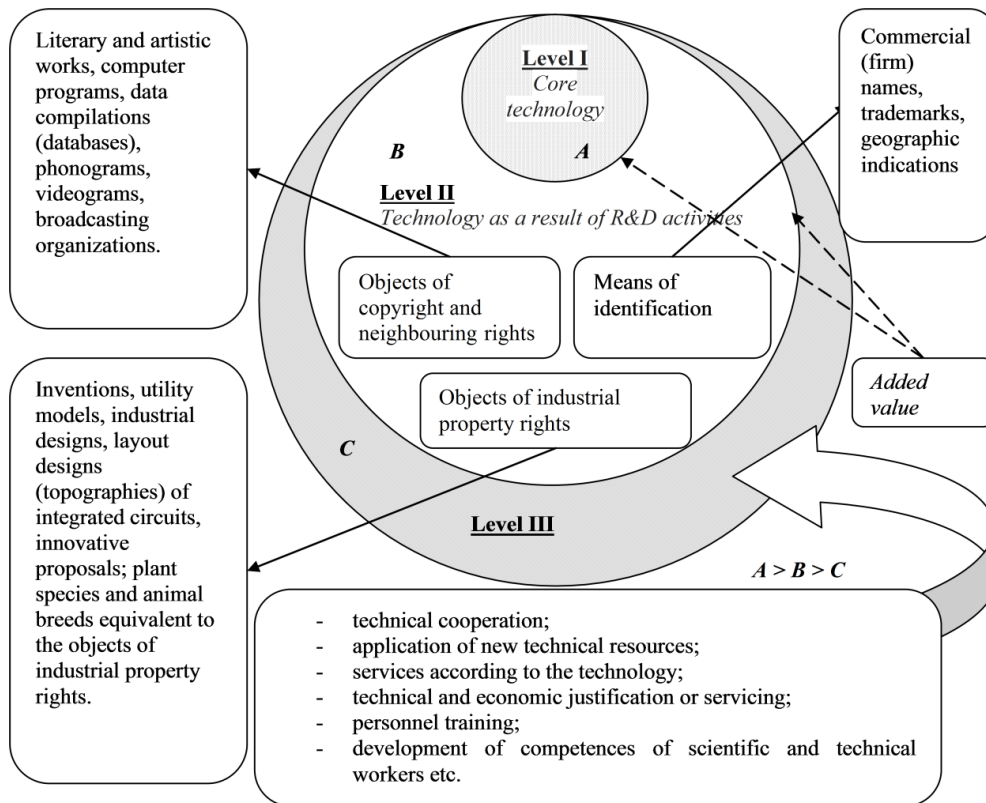
Fig. 4. The concept of goods according to the marketing theory [36]

Considering technology as a commodity, it can be noted that each of the three levels of presenting a product exactly corresponds to the available presentation of technology. The product-technology often combines all three levels of the product, for example, know-how, tangible object (actually, technology as a set of documentation for its development), pre-sale or after-sales services, and so on.

Relying on the notion of technology as a product, it can be presented in a three-level form. The first level of technology is its design, an idea that a developer has created, and designed. The second level occurs when the idea that arose at the first level was realized in the course of R & D activities, which resulted in the acquisition of intellectual property rights (IPRs). According to the Civil Code of Ukraine (Art. 420), they can be the objects of copyright and neighbouring rights, the objects of

industrial property rights, means of identification. The second level of technology gives opportunities for the third level considering not only services (as for the product) but also converges into other areas. For example, the advancement in the information and technology field, embodied in innovative types of software products (the second level of technology presentation), led to the development of flexible methodology of project management, which is necessary for the implementation of the products indicated at the second level (the third level of technology presentation). The example above deals with teaching people, which is another kind of economic activity. However, the product cannot be further promoted and this technological trend cannot be developed in general without study.

The described approach is detailed in fig. 5.



**Fig. 5.** The concept of technology as a commodity

Fig. 5 shows all three levels of technology presentation as circles where the area of every next circle is greater than the area of a previous one:  $A > B > C$ . This indicates the effect of synergy due to the addition of value at the transitions between the levels of technology, which takes place on the basis of the interaction of the technological process members, the interaction of knowledge, and so on.

Technology at all levels of its presentation should be protected (not a form of the presentation of technology as a result of intellectual activity (a chip, a piece of work, species of plant, etc.), but its essence (the content, the basic idea, etc.).

Knowledge as an immaterial component of technology that is transmitted along with the tangible product-technology from the second level to the third stimulates the new knowledge. Thus, the intangible component of technology enhances its tangible component.

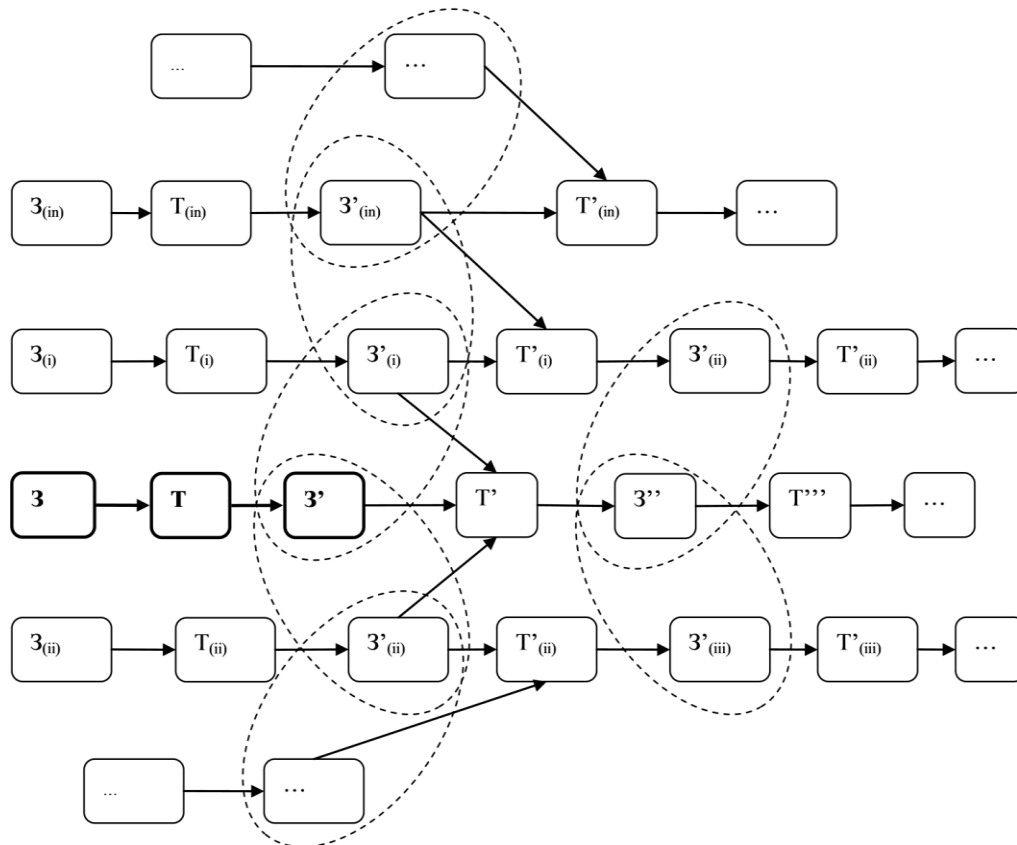
The suggested approach to the concept of technology as a commodity is an important basis for the implementation of technology transfer. For example, when developing the strategies of technology transfer developed at universities, such approach enables taking into account market phenomena that previously were considered indirect to the transfer of technology: synergy, convergence, multiplicity, spillover effect, crowd effect, etc. According to this approach, more attention should be paid to interdisciplinary communication and the role of knowledge that enhances the material component of technology during their transfer.

When the knowledge ( $K$ ) is used to create the technology ( $T$ ), then the implementation of  $T$  will lead to a new development stage  $K'$ , which will be different from  $K$

embedded in the beginning. Knowledge embodied in the technology and transferred from a developer to a consumer who, after introducing it into production (materializing), adds value to it when implementing the technology into practical activities. As a result, new knowledge  $K'$  is obtained, that is, the added value of which is the practical realization of  $K$ . This can be a way for introducing technology, the organization of production, organizational and managerial solutions for implementing this technology, options for its spreading, and so on. Technologies ( $T$ ) generate  $K'$ , which in future becomes the basis of new technologies ( $T'$ ). In turn,  $T'$  generates  $K''$  and so on ( $K_{in} \dots K'_{in}; T_{in} \dots T'_{in}$ ), which a technological advance. In this process, knowledge, with its aggregation and nucleation of a new technology, has convergent and multiplicative effects. The mutual penetration of knowledge is no longer an ordinary sum of the terms that are the components of knowledge but has a new added value. The interaction of knowledge and technology is explicit due to the actualization of their paradigmatic links.

The diagram of the suggested approach to the transformation of knowledge is given in fig. 6.

The object of creative activity, which was recorded in  $T$  when  $K$  was affected on and, as a result,  $K'$  and  $IPR$  objects were obtained which is the basis of  $K$ , are independent legal categories. The transfer of each these right is an independent legal fact that generates, changes, terminates the legal relationship. This confirms the correctness of the hypothesis about the conceptual difference between  $K$  and  $K'$ , as well as the way of their development.



Note: the dotted line conventionally indicates the areas of convergence of knowledge and the multiplicative effect from their aggregation.

**Fig. 6.** A fragment of the diagram of transforming knowledge into technology and generating a new knowledge

At each point where the technology is produced, there is a creation the added value is created, which has a multiplicative effect on other business spheres.

### Discussing the results

Summarizing the mentioned above, the conceptual approach to understanding the growth of technologies on the basis of knowledge transformation chains is developed. Knowledge, as an intangible component of

technology, which together with a tangible product technology is transferred, stimulates a new knowledge. In this way, the intangible component of the technology enhances its tangible component and causes the added value. In this process, technology can be subject to market effects or generate such effects itself.

The conducted study enabled distinguishing essential determinants that reflect the concept of technology taking into account its development on the basis of knowledge transformation chains (table 1).

**Table 1.** Essential determinants of the concept of technology

Determinants	The content of determinants
1	2
The essence of the technology	Creating a new value is incident to human activity (technology is considered both as an independent factor of production and as a means of increasing the factors of production in the context of scientific and technological progress)
The principle of technology understanding	Technology is the ordered knowledge
Areas of technologies application	Take place all kinds of human life. The technology is also considered as a branch of knowledge devoted to developing and implementing technology in the life of the society on the basis of science
Forms of technologies	Invention, utility model, industrial design, plant species or technical information as a certain set of documents, experience or skills of specialists, and so on
The nature of technology development	Dynamic, extractive. Technology is an operation on knowledge acquired on the basis of the implementation of other technologies, which also arose as a result of the development of knowledge. Collecting material (knowledge) for the realization of new knowledge on the basis of the technologies is mandatory
Interconnection of knowledge and technology	Both concepts, being fundamentally different, are implemented in a close relationship. The interaction of knowledge and technology is explicit due to the actualization of their paradigmatic links.

The end of the **Table 1**

1	2
Features of technology development in time	The role and significance of technologies is intensified during the transition from the industrial age to the information one
Technology Properties	Convergence, spillover effect, diffusion, synergy, "crowd" effect, multiplicative effect, and so on
Technology Concepts	The subject of labour, the means of labour, the carrier of technological functions, the level of technological development of the society
The criterion of technology truth	Technology practical application
Types of technologies	Tangible intangible. High, intermediate, low.
Communication structuring	Accumulation of the knowledge of the society. Added value to the existing physical environment.

The efficient technological progress of the countries of the world is possible under the condition of innovative development of all factors of production. In its turn, it requires producing and applying the latest scientific knowledge, the constant growth of the professional level of developers, scientists, as well as people who are involved in promoting innovative technologies, consumers, and so on, as well as their effective interaction.

### Conclusions

The tendencies of the world and domestic economy emphasize the need for changes in approaches to understanding the concept of technology and technological development. The study of the concept of technology that is based on the accumulation of knowledge determines the institutional grounds for the types of activities related to technology. However, the

importance of studying the concept of technology does not lie only in the understanding of the levers of technological development, but also in the fact that it is eventually used as a way for understanding the world around.

The suggested conceptual approach to understanding the development of technologies on the basis of the principles of knowledge transformation enables increasing the level of substantiating the processes of technology management in the context of the present paradigm of their transfer, taking into account market phenomena, in particular: synergy, convergence, diffusion of technologies, multiplicative effect, spillover effect, "crowd" effect, and so on, and, consequently, to assess the business opportunities stimulated by these phenomena.

The problem of technical development is not simple, both from a theoretical point of view and in a practical sense. The search for ways to manage the development of technology on the basis of the chains of knowledge transformation is the subject of further scientific work.

### References

1. Baller, S., Dutta, S., & Lanvin, B. editors. (2017), *The Global Information Technology Report 2016: Innovating in the Digital Economy*. Geneva: World Economic Forum. Available at: [http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF\\_GITR\\_Full\\_Report.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf)
2. Solow, R. M. (1956), A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 70. No. 1. P. 65-94.
3. Kremer, M. (1993), Population Growth and Technological Change: One Million B. C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 108. No. 3. P. 681-716.
4. Kuznets, S. (2013), *Economic Growth of Nations: Total Output and Production Structure*. Harvard University Press, 380 p.
5. Collins, J., Baer, B., & Weber, E. J. (2013). *Population, Technological Progress and the Evolution of Innovative Potential* (May 22, 2013). University of Western Australia Business School Discussion Paper 13.21. Available at: <https://jasoncollins.org/2013/07/02/population-technological-progress-and-the-evolution-of-innovative-potential/>
6. Mansfield, E. (1975), East-West technological transfer issues and problems, international technology transfer: Forms, resource requirements, and policies. *American Economic Review*. No. 65 (2). P. 372-376.
7. Ferre, F. (1995). *Philosophy of Technology*. The University of Georgia Press. Athens & London, 168 p.
8. Fernald, J. (2016), *What Is the New Normal for U.S. Growth?* An FRBSF Economic Letter. Available at: <http://economistsview.typepad.com/economistsview/2016/10/what-is-the-new-normal-for-us-growth.html>
9. Solovyov, V. P. (2006), Innovatsionnaya deyatel'nost' kak sistemnyy protsess v konkurentnoy ekonomike (Sinergeticheskie efekty i innovatsiy) [Innovative activity as a system process in a competitive economy (Synergetic effects of innovation)]. *Kyiv: Feniks*. [in Russian].
10. Pererva, P. H. & Hladenko, I. V. (2010), Monitorynh innovatsiinoi dial'nosti: interpretatsiia rezultativ [Monitoring of innovation activity: interpretation of results]. *Marketynh i menedzhment innovatsii – Marketing and Management of Innovations*. No. 2, P. 108-116. [in Ukrainian].
11. Dovbenko, V. I. (2013), Rol'potentsialu transferu znan i tekhnolohii v innovatsiinomu protsesi [Role of knowledge transfer potential and technologies in the innovation process]. *Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia i problemy rozvytku - Management and entrepreneurship in Ukraine: evolvement stages and development issues*. No. 776, P. 254-263. [in Ukrainian].
12. Kozyk, V. V. & Mrykhina, O. B. (2017), Aktualizatsiia roli transferu tekhnolohii u systemi "universytet – vlada – biznes" v Ukraini [Updating the role of technology transfer in the system "University – Government - Business" in Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dizainu. – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*. No. 2 (109). P. 29–35. [in Ukrainian].
13. Stiegler, B. (1998), *Technics and Time*. 1: The Fault of Epimetheus. Meridian: Crossing Aesthetics. 1. 318 p.

14. Rhodes, R. (2000), *Visions Of Technology: A Century Of Vital Debate About Machines Systems And The Human World*. 1st Touchstone Ed Edition. 400 p.
15. Chukhrai, N., & Patora, R. (2001), *Innovatsii i lohistyka tovariv [Innovation and logistics of goods]*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky. 264 p. [in Ukrainian].
16. Thiel, P., & Masters, B. (2014), *Zero to One: Notes on Startups, or How to Build the Future*. Currency. 1 ed. 224 p.
17. Burgelman, R. A. (1994), Fading Memories: A Process Theory of Strategic Business Exit in Dynamic Environments. *Administrative Science Quarterly*. Vol. 39, No. 1. P. 24-56.
18. Solovij, Kh. Ya. (2010), Balanced indicator system as an effective tool for objectively assessing the effectiveness of enterprise innovation. *Actual problems of the economy*. No. 1 (103). P. 155-163.
19. Chesbrough, H. W. & Vanhaverbeke, W. (2006), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*. NY: Oxford University Press.
20. Howkins, J. (2001), *The Creative Economy: How People Make Money From Ideas*. London: Penguin Books. 304 p.
21. Kamiyama, S., Martinez, C., & Sheehan, J. Business performance and intellectual assets: background and issues. Available at: <https://www.oecd.org/sti/sci-tech/33848005.pdf>
22. Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996), The Balanced Scorecard. *Boston: Harvard Business School Press*. P. 75-85.
23. Mesthene, E. G. (1970), *Technological Change: Its Impact on Man and Society*. Harvard University Press. No. 1. 127 p.
24. Hughes, T. P. (2005), *Human-Built World: How to Think about Technology and Culture (science. culture)*. University Of Chicago Press: science.culture edition. 240 p.
25. Arthur, W. B. (2011), *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Free Press. Reprint edition (January 11, 2011), 256 p.
26. Barbour, I. G. (1992), *Ethics in an Age of Technology: Gifford Lectures, Volume Two (The Gifford Lectures 1989-1991)*. HarperCollins. 1st edition (December 25). 334 p.
27. Kondorse, Zh. A. (1936), *Eskeyz ystorycheskoi kartynyi prohressa chelovecheskoho razuma [A sketch of the historical picture of the progress of the human mind]*. Moscow: Sotsekhyz, 250 p. [in Russian]
28. Zakon Ukrainy Pro derzhavne rehuliuвання diialnosti u sferi transferu tekhnolohii [Law of Ukraine "On State Regulation of Activity in the Sphere of Transfer of Technologies"]. (n.d.). [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua). Available at: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/143-16> [in Ukrainian].
29. *World Intellectual Property Organization*. Available at: [http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/patents/pdf/wipo\\_ipc\\_technology.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/patents/pdf/wipo_ipc_technology.pdf)
30. Salikhova, O. B. (2003), *Udoskonalennia metodolohii statystychnoho analizu mizhnarodnoho transferu tekhnolohii v Ukraini [Improving the methodology of statistical analysis of technologies international transfer in Ukraine]*. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: State organization "Institute for Scientific and Technological Potential and Science History Studies. AHEM. Dobrov NAS UKRAINE" [in Ukrainian].
31. Shkvarchuk, L. O., & Harasym, O. I. (2013), Teoretychni pidkhody shchodo vyznachennia sutnosti transferu tekhnolohii ta yoho informatsiino-analitychnoho zabezpechennia [Theoretical approaches to the definition of the essence of technology transfer and its information and analytical support]. *Stalyi rozvytok ekonomiky - Sustainable economic development*. No. 4. P. 29-35.
32. Shaposhnikov, A. A. (2005), Transfer tehnologiy: opredeleniya i formy [Technology transfer: definitions and forms]. *Innovatsii – Innovations*. No. 1 (78). P. 57-60. [in Russian]
33. Bernal, J. (1956), *Nauka v istorii obschestva [Science in the history of society]*. Available at: [http://www.gumer.info/bogoslov\\_Buks/Philos/bern\\_naukist](http://www.gumer.info/bogoslov_Buks/Philos/bern_naukist)
34. NESTA report sourcing knowleges. Available at: <https://www.nesta.org.uk/publications/sourcing-knowledge-innovation>
35. Zakon Ukrainy Pro naukovu i naukovo-tekhnichnu diialnist [Law of Ukraine "On Science and Scientific and Technology Activities"]. (n.d.). [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua). Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/848-19> [in Ukrainian].
36. Kotler, P. T., & Keller, K. L. (2011), *Marketing Management*. Pearson. 14 edition, 816 p.

Received 10.10.17

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

**Чухрай Наталія Іванівна** – доктор економічних наук, професор, Національний університет "Львівська політехніка", проректор з наукової роботи, м. Львів, Україна; e-mail: [natalia.chukhrai@gmail.com](mailto:natalia.chukhrai@gmail.com); ORCID: 0000-0001-8591-2487.

**Чухрай Наталія Іванівна** – доктор економічних наук, професор, Національний університет "Львівська політехніка", проректор по науковій роботі, г. Львів, Україна; e-mail: [natalia.chukhrai@gmail.com](mailto:natalia.chukhrai@gmail.com); ORCID: 0000-0001-8591-2487.

**Chukhrai Natalia** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Lviv Polytechnic National University, Vice Rector for Scientific Research, Lviv, Ukraine; e-mail: [natalia.chukhrai@gmail.com](mailto:natalia.chukhrai@gmail.com); ORCID: 0000-0001-8591-2487.

**Мрихіна Олександра Борисівна** – кандидат економічних наук, доцент, Національний університет "Львівська політехніка", доцент кафедри економіки підприємства та інвестицій, м. Львів, Україна; e-mail: [oleksandramrykhina@gmail.com](mailto:oleksandramrykhina@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0567-2995.

**Мрихіна Олександра Борисівна** – кандидат економічних наук, доцент, Національний університет "Львівська політехніка", доцент кафедри економіки підприємства та інвестицій, м. Львів, Україна; e-mail: [oleksandramrykhina@gmail.com](mailto:oleksandramrykhina@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0567-2995.

**Mrykhina Olesandra** – PhD (Economics), Associate Professor, Lviv Polytechnic National University, Associate professor of the Department of Economics of Enterprises and Investments, Lviv, Ukraine; e-mail: [oleksandramrykhina@gmail.com](mailto:oleksandramrykhina@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0567-2995.

## РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАСАДАХ ЛАНЦЮГІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗНАНЬ

Предметом дослідження є теоретичні і прикладні аспекти розвитку технологій на засадах ланцюгів перетворення знань. Сучасний науково-технічний прогрес провідних країн світу позначений зростанням рівня інтелектуалізації та скороченням життєвого циклу технологій. Це спонукає до вивчення особливостей генерування і поширення знань, як рушійної сили

поступу технологій. Розуміння характеру перетворення знань є підґрунтям для ефективного управління розвитком технологій. З огляду на зазначене, **метою** роботи є дослідження розвитку технологій на засадах ланцюгів перетворення знань. Для цього розв'язано низку **завдань**: досліджено еволюційний розвиток підходів до розуміння поняття технології; вивчено концепцію технології як товару; розглянуто природу технології, що обумовлює особливості її сучасного поступу у ланцюгах перетворення знань; встановлено детермінанти поняття технології, продиктовані ланцюгами перетворення знань. Під час проведеної наукової роботи застосовано такі методи: метод групування, метод структурно-логічного аналізу, методи аналізу та синтезу, графічний метод. **Результатом** дослідження є розроблений концептуальний підхід до розуміння розвитку технологій на засадах ланцюгів перетворення знань. Знання, як нематеріальна складова технології, що разом із уречевленим товаром-технологією піддається трансферу, визначає виникнення нового знання. У такий спосіб нематеріальна складова технології посилює її матеріальну складову та обумовлює створення додаткової цінності. У цьому процесі технологія може підпадати під дію ринкових ефектів або сама генерувати такі ефекти. На підставі запропонованого концептуального підходу виділено істотні детермінанти, що відображають поняття технології, враховуючи її розвиток на засадах ланцюгів перетворення знань. **Висновки**: запропонований концептуальний підхід до розуміння розвитку технологій на засадах ланцюгів перетворення знань дає змогу підвищити рівень обґрунтування процесів управління технологіями в рамках сучасної парадигми їх трансферу, враховувати виникнення стимульованих технологіями ринкових явищ (зокрема: синергію, конвергенцію, дифузію технологій, мультиплікативний ефект, спілловер-ефект, ефект "натовпу" тощо), та, відповідно, оцінювати бізнес-можливості, обумовлені даними явищами.

**Ключові слова**: технологія, науково-технічний розвиток, знання, ланцюги перетворення знань, інновація.

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕПЕЙ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗНАНИЙ

**Предметом** исследования являются теоретические и прикладные аспекты развития технологий на основе цепей преобразования знаний. Современный научно-технический прогресс ведущих стран мира отмечен ростом уровня интеллектуализации и сокращением жизненного цикла технологий. Это побуждает к изучению особенностей генерации и распространения знаний, как движущей силы развития технологий. Понимание характера преобразования знаний является основой для эффективного управления развитием технологий. Учитывая указанное, **целью** работы является исследование развития технологий на основе цепей преобразования знаний. Для этого решено ряд **задач**: исследовано эволюционное развитие подходов к пониманию понятия технологии; изучена концепция технологии как товара; рассмотрена природа технологии, которая обуславливает особенности ее современного развития в цепях преобразования знаний; установлены детерминанты понятия технологии, продиктованные целями преобразования знаний. В ходе проведенной научной работы применены следующие методы: метод группировки, метод структурно-логического анализа, методы анализа и синтеза, графический метод. **Результатом** исследования является разработанный концептуальный подход к пониманию развития технологий на основе цепей преобразования знаний. Знание, как нематериальная составляющая технологии, вместе с ошестествленным товаром-технологией подвергается трансферу, при этом определяет возникновение нового знания. Таким образом, нематериальная составляющая технологии усиливает ее материальную составляющую и обуславливает создание дополнительной ценности. В этом процессе технология может подпадать под действие рыночных эффектов или сама генерировать такие эффекты. На основании предложенного концептуального подхода выделены существенные детерминанты, отражающие понятие технологии, учитывая ее развитие на основе цепей преобразования знаний. **Выводы**: предложенный концептуальный подход к пониманию развития технологий на основе цепей преобразования знаний позволяет повысить уровень обоснования процессов управления технологиями в рамках современной парадигмы их трансфера, учитывать возникновение стимулированных технологиями рыночных явлений (в частности: синергию, конвергенцию, диффузию технологий, мультипликативный эффект, спилловер-эффект, эффект "толпы" и т. д.), и, соответственно, оценивать бизнес-возможности, обусловленные данными явлениями.

**Ключевые слова**: технология, научно-техническое развитие, знание, цепи преобразования знаний, инновация.

**АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК**

Аванесова Н.Е.	100
Анциферова О.О.	38
Артюх Р.В.	62
Бабенко В.О.	70
Безкоровайний В.В.	5
Белоцький О.О.	48
Біловол Г.В.	38
Бондаренко М.І.	70
Вартанян В. М.	12
Висоцька О.В.	93
Гермашев А.І.	23
Зейнієв Т.Г.	12
Кадикова І.М.	29
Каліненко Б.Д.	29
Кирий В.В.	109
Клочко О.О.	38
Козлова О.Б.	23
Коломієць А.І.	56
Коляда І.В.	124
Кондратюк О.Л.	77
Косенко В.В.	48
Косенко Н.В.	56
Кришталь В.О.	23
Кузнецова І.О.	116
Кучук Н.Г.	62
Ларіна С.О.	29
Логомінов В.О.	23
Любічева О.І.	109
Мала І.О.	86
Малєєва О.В.	48
Момот Т.В.	124
Москавцова К.О.	109
Мрихіна О.Б.	145
Назаров Н.К.	132
Назарова Г.В.	132
Невлюдова В.В.	86
Нечаусов А.С.	62
Персіянова О.Ю.	48
Прончаков Ю.Л.	12
Романенков Ю.О.	12
Сідоров В.І.	70
Скачков О.М.	138
Скоркін А.О.	77
Сотник С.В.	86
Тімофєєв В.О.	93
Туркіна М.В.	138
Чумаченко І.В.	29
Чухрай Н.І.	145
Шаповалов В.Ф.	38
Шелковий О.М.	38
Якубовська С.В.	93

**ALPHABETICAL INDEX**

Avanesova Nina	100
Antsyferova Olesya	38
Artiukh Roman	62
Babenko Vitalina	70
Beskorovainyi Vladimir	5
Belotskyi Oleksiy	48
Belovol Anna	38
Bondarenko Michael	70
Vartanian Vasily	12
Vysotska Olena	93
Germashev Anton	23
Zieiniiev Tieimur	12
Kadykova Iryna	29
Kalinenko Bogdan	29
Kyriy Valentyna	109
Klochko Alexander	38
Kozlova Yelena	23
Kolomiiets Alona	56
Koliada Ihor	124
Kondratyuk Oleg	77
Kosenko Viktor	48
Kosenko Nataliia	56
Krishtal Vladimir	23
Kuznetsova Inna	116
Kuchuk Nina	62
Larina Svitlana	29
Logominov Victor	23
Liubicheva Olga	109
Malaya Inna	86
Malyeyeva Olga	48
Momot Tetiana	124
Moskavtsova Kateryna	109
Mrykhina Oleksandra	145
Nazarov Nikita	132
Nazarova Galyna	132
Nevliudova Viktoriia	86
Nechausov Artem	62
Persiyanova Elena	48
Pronchakov Yurii	12
Romanenkov Yurii	12
Sidorov Vadim	70
Skachkov Oleksandr	138
Skorkin Anton	77
Sotnik Svetlana	86
Timofeev Vladimir	93
Turkina Maryna	138
Chumachenko Igor	29
Chukhrai Natalia	145
Shapovalov Victor	38
Shelkovoy Alexander	38
Yakubovska Sofiia	93

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

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

**Щоквартальний науковий журнал**

№ 2 (2) 2017

Відповідальний за випуск *А. А. Коваленко*  
Технічний редактор *О. В. Лобач*  
Комп'ютерна верстка *О. Ю. Персіянова*  
Оформлення обкладинки *І. І. Бабич*

**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. 18,12. Тираж 150 прим.

Відруковано з готових оригінал-макетів в типографії ТОВ "ЕКСТРА ПРИНТ"  
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)

# ПОДАННЯ МАТЕРІАЛІВ СТАТЕЙ ДО ЖУРНАЛУ

**Обсяг рукопису** – не менше 15 аркушів українською, англійською або російською мовами. Формат аркушу А4 (21 × 29,7 см), параметри сторінки (відступи від краю): 20 мм. Основний шрифт статті – Times New Roman, 14 кегль, міжрядковий інтервал (множник) – 1,5. Для публікації необхідно представити статтю в електронній формі, яка оформлена згідно наведених нижче вимог, на *e-mail*: [journal.itssi@gmail.com](mailto:journal.itssi@gmail.com).

## **Структура статті**

УДК  
Автор (співавтори)  
НАЗВА СТАТТІ  
Структура тексту статті:  
Вступ  
Аналіз літературних даних і постановка проблеми  
Мета і завдання дослідження  
Матеріали і методи досліджень  
Результати досліджень  
Обговорення результатів  
Висновки  
Список літератури  
References

## **Анотації до статті**

Виконуються:  
- українською,  
- англійською та російською мовами (не менш **1800** знаків). Не містить абревіатур, зрозумілих тільки з контексту статті і обов'язково включає в себе:  
**Предмет**  
**Мета**  
**Завдання**  
**Методи**  
**Результати**  
**Висновки**

## **Відомості про авторів**

Українською мовою  
Англійською мовою  
Російською мовою  
Наводяться:  
- прізвище, ім'я та по батькові;  
- науковий ступінь,  
- вчене звання;  
- назва установи, де працює автор,  
- посада;  
- обліковий запис автора ORCID;  
- адреса електронної пошти.

## **Список літератури**

Повинен включати не менш **10** джерел, які видані за останні **10** років. При цьому не менш 50% джерел повинно відноситися до іноземної періодики. Якщо основною мовою статті є українська або російська, то оформлюється два списки літератури: перший (список літератури на мові оригіналу джерела) – відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання»; другий – на англійській мові та латиниці (транслітерації) – «**References**».

При поданні статті автор повинен гарантувати дійсність наведених джерел та у разі необхідності надати їх у редакційну колегію. Якщо джерело інформації має ідентифікатор цифрового об'єкту DOI, то він обов'язково наводиться наприкінці опису, наприклад, **doi: 10.20998/2522-9052.2017.1.09**.

## **Вимоги до елементів статті**

**Набір формул** здійснюється в редакторах формул **Microsoft Equation 3**, або **MathType**. Забороняється використовувати для набору формул графічні об'єкти, таблиці та редактор Формула (formula) Word 2007-2016.

Посилання на формулу в тексті мають вигляд (1), (2–4). Формули повинні бути пронумеровані. Формула є частиною тексту, тому після формули повинен стояти смисловий знак: якщо далі йде нове речення, то точка; якщо далі йде роз'яснення, то кома.

Перед **рисунком** в тексті обов'язково йде посилання на рисунок виду рис. 1, рис. 2-4, рис. 5, а. Рисунки обов'язково супроводжуються підписаними підписами (**Рис. 1.** Назва рисунку). Формат рисунку – JPG).

Перед **таблицею** в тексті обов'язково йде посилання на таблицю виду табл. 1. Табличний заголовок – обов'язковий (**Таблиця 1.** Назва таблиці).