

Міністерство освіти і науки України

**Поліграфічні, мультимедійні та web-технології.  
Сучасний стан**

**Монографія**

Харків 2023

УДК 004.9  
П50

Рекомендовано до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету радіоелектроніки (протокол № 5 від 16 червня 2023 р.)

*Рецензенти:*

О.І. Пушкарь, доктор економічних наук, професор, ХНЕУ ім. Семена Кузнеця;

О.А. Левтеров, доктор технічних наук, с.н.с., НУЦЗУ

**Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Сучасний стан:**  
П50 монографія / редкол.: О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова, Ж.В. Дейнеко. Харків:  
ТОВ «Друкарня Мадрид», 2023. 304 с.

ISBN 978-617-8254-16-2

DOI: 10.30837/978-617-8254-16-2

В монографії розглянуті питання, присвячені технічним і технологічним інноваціям у виробництві друкованої продукції і в пакувальному виробництві, інформаційним, мультимедійним та web-технологіям, розробці інтелектуальних систем, обробці графіки та управлінню кольором. Розглянуто також питання маркетингу і реклами в поліграфії, особливості медіакомунікацій та використання нових методів навчання фахівців для видавничо-поліграфічної галузі, зв'язок навчального процесу з виробництвом.

Рекомендується викладачам, науковцям, бізнесменам, фахівцям видавничо-поліграфічної та рекламної галузі, розробникам мультимедійних інформаційних продуктів, аспірантам і студентам.

**УДК 004.9**

**ISBN 978-617-8254-16-2**

**DOI: 10.30837/978-617-8254-16-2**

© Вовк О.В., Чеботарьова І.Б.,  
Дейнеко Ж.В.

© ТОВ «Друкарня Мадрид», 2023

# ЗМІСТ

	ВСТУП	4
1	<i>Durnyak B.V., Sikora L.S., Sabat V.I., Kuhot V.O.</i> ANALYSIS OF AUTHORITY MANAGEMENT SYSTEMS IN AUTOMATED DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS	5
2	<i>Бізюк А.В.</i> ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОЛІГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ В МЕЖАХ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В ПОЛІГРАФІЇ»	21
3	<i>Андрющенко Т.Ю.</i> МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СФОРМОВАНИХ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ВИДАВНИЧА СПРАВА ТА ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ»	40
4	<i>Азаренков В.І.</i> КИРИЛИЦЯ В LaTeX. ПРОБЛЕМИ. УСПИХИ. ПРАКТИКА	68
5	<i>Fil N.Yu.</i> INFORMATION TECHNOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF A WEB PORTAL	100
6	<i>Піх І.В., Сеньківський В.М., Кудряшова А.В.</i> ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПІДРУЧНИКА	110
7	<i>Адашевська І.Ю., Краєвська О.О., Шеліхова І.Б.</i> ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ АНІМАЦІЇ У СУЧАСНІЙ РЕКЛАМІ	129
8	<i>Челомбітько В.Ф.</i> ГІЛЬОШУВАННЯ ЯК СПОСІБ ГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ БЛАНКІВ ЦІННИХ ПАПЕРІВ	142
9	<i>Занько Н.В., Писанчин Н.С., Голубник Т.С., Майк Л.Я., Ковальський Б.М.</i> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ АДАПТАЦІЇ ЦИФРОВИХ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ РЕПРОДУКУВАННЯ	174
10	<i>Левикін І.В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ДВОКОНТУРНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА	192
11	<i>Влащенко Л.Г., Дейнеко Ж.В., Нікітенко О.М.</i> ВИКОРИСТАННЯ ВИДАВНИЧОЇ СИСТЕМИ LaTeX ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІЛЮСТРАЦІЙ У НАУКОВИХ РОБОТАХ	215
12	<i>Чеботарьова І.Б., Яценко Л.О.</i> ОСОБЛИВОСТІ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ НА ФАБРИЦІ ФЛЕКСОГРАФСЬКОГО ДРУКУ «НАРГУС»	233
13	<i>Майк Л.Я., Майк В.З., Занько Н.В.</i> АНАЛІЗ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПОЛІГРАФІЧНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ BUSINESSMATE	261
14	<i>Савченко О.М.</i> ВИВЧЕННЯ РЕЖИМНИХ ФАКТОРІВ ТА ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ	274
15	<i>Каук В.І.</i> ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ - КРЕАТИВНИЙ ПОМІЧНИК ДИЗАЙНЕРА	283
	АНОТАЦІЇ	295
	АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	304

## ВСТУП

Монографію підготовлено за матеріалами міжнародної науково-технічної конференції «Поліграфічні, мультимедійні та web-технології», організатором проведення якої є кафедра «Медіасистем та технології» Харківського національного університету радіоелектроніки.

Основні наукові напрямки кафедри:

- технології розробки електронних та друкованих видань;
- системи автоматизації управління поліграфічним виробництвом;
- проблеми обробки цифрових зображень та відтворення кольору в поліграфії.

Мета конференції – розширення міжнародного співробітництва та поглиблення спільної діяльності у науковій, дослідницькій, викладацькій, та інших областях в галузі мультимедійних технологій, видавничої справи й поліграфії, економіки друкарських виробництв та підвищення ефективності навчального процесу підготовки професійних кадрів для поліграфічної галузі, впровадження в навчальний процес інноваційних форм і методів навчання.

Основні питання, що розглядаються в рамках конференції.

1. Технічні й технологічні інновації у виробництві друкованої продукції та пакувальному виробництві.
2. Інформаційні системи та технології в поліграфії. Інтелектуальні системи.
3. Мультимедійні та web-технології. Розробка додатків для мобільних пристроїв. UI/UX інтерфейси.
4. 2D та 3D-графіка, графічний дизайн, управління кольором.
5. Медіакомунікації, книжкова справа, маркетинг і реклама в поліграфії.
6. Використання нових методів навчання у видавничо-поліграфічній галузі, зв'язок навчального процесу з виробництвом.

Кафедра «Медіасистеми та технології» підтримує тісні зв'язки з підприємствами видавничо-поліграфічної галузі не тільки Харкова, а й всього Південно-Східного регіону України, спеціалістами-освітянами Києва, Львова, інших країн – Польщі, Німеччини, Великобританії, Мексики, Узбекистану. Головні напрямки співробітництва: спільна робота в галузі техніки засобів друкарства та економіки друкарських виробництв з метою подальшого поглиблення спільної діяльності у дослідницькій, викладацькій та інших наукових областях; підготовка магістрів; розвиток співробітництва в сфері науки та освіти; спільна участь у реалізації взаємовигідних програм в області освітньої та наукової діяльності; створення умов для підготовки, перепідготовки й підвищення кваліфікації кадрів в області видавничої справи в поліграфії.

UDC 655.41:004

## ANALYSIS OF AUTHORITY MANAGEMENT SYSTEMS IN AUTOMATED DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS

**Durnyak B.V.**

Dr. Sc., Professor, Honoured Worker of Science and Technology of Ukraine,  
Rector of Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Sikora L.S.**

Dr. Sc., Professor, Full Member of the Engineering Academy of Ukraine,  
Professor of the Department of Automated Control Systems of the Institute of  
Computer Sciences and Information Technologies, Lviv, Ukraine

**Sabat V.I.**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information  
Multimedia Technologies  
of Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Kuhot V.O.**

graduate student of the Department of Information Multimedia Technologies  
of Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

***Abstract.** The article examines the features of the construction of the authorization management system for automated document management systems (ADMS), which is integrated into the structure of the hierarchy of organizations under the conditions of active attacks and threats to the information system. Based on the analysis of the terminal cycle of the technogenic hierarchy management process under the conditions of the risk of threats and attacks, the use of a conditional-modified authority management system is substantiated, which would take into account the specifics of the functioning of automated document management systems and would have the ability to respond to any negative changes or factors.*

***Keywords:** THREATS, ATTACKS, AUTHORITY MANAGEMENT SYSTEMS, AUTOMATED DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS.*

### **Introduction**

Authorization management systems are basic from the point of view of the security of any organization when granting access rights to confidential information, as well as when determining the degree of confidentiality of documents that function in hierarchical production systems. Documents that mainly contain information about management actions and are aimed at managing technological processes are very vulnerable to intrusions by unauthorized persons or persons without sufficient rights. Therefore, the development of an authority management system for automated document flow systems in the hierarchical structure of production organizations is the main issue of security for their reliable and uninterrupted functioning. This issue is especially relevant in the context of attacks and threats to the management system.

The article substantiates that authorization management systems are best synthesized with an automated document flow system, which gives advantages in the efficiency of any changes related to the access rights of the subjects of the production process to the production facilities, determination of the levels of secrecy of documents, as well as control over the execution of documents and making operational and strategic decisions by operators in the process of managing technogenic processes in hierarchical structures in conditions of threats and information attacks.

### **The purpose and objectives of the research**

The purpose of research is the development of information technology means of protection of document circulation systems in complex hierarchical structures based on the use of authority management mechanisms. In accordance with the formed paradigm of building a system of authority management in ADMS in the structure of a hierarchical organization, it is necessary to solve the following tasks: develop a structural and functional scheme for managing access to ADMS; propose the implementation of a security policy for the authorization management system; determine the ranking of the importance of data for making operational and strategic decisions by the operator in the management process, forming the level of confidentiality of documents.

### **Main part**

The protection and reliability of automated document management systems is primarily based on the overlapping work of all subsystems and security services, the main of which is the service of access to information in documents that are formed during the functioning of integrated hierarchical systems of various functional purposes [1].

According to such ADMS there are data on:

- structural and functional organization of the system, database and knowledge;
- functions and goals, target-functional purpose of the system, blocks, objects, aggregates, decision-making and management strategies;
- technological processes and their parameters, organization of the production process, standards and regimes (normal, extreme, emergency);
- systems of data selection and processing in order to control the functioning of blocks and aggregates (informational and intellectual assessment);
- system and management processes (strategic, operational, automatic) at both technological and operational levels;
- plans, tactics, strategy of technological and operational management;
- data exchange system, according to the level of hierarchy, authority for management commands (operational level  $\{KIA_i\}$ , technological level  $\{KIA_i\}$ ,

strategic level  $\{KIA_s\}$ ) for the process of formation and decision-making, goal-setting and global level [2].

According to the concept of active target orientation of a technogenic cyber-physical system with a hierarchical structure of a strategic level, a structural-terminal cyclic scheme of the management process under conditions of risk during the action of attacks was developed (Fig. 1).

Designation on the diagram of Fig. 1:  $\{R_i\}$  is hierarchy levels of the organizational structure;  $AktD_i$  – threat activator;  $GC_i$  – generator of attack targets;  $LC_i$  – terminal local targets;  $(X, Y, S(z, t))$  – parameters of situation signs;  $KL_w$  – classification of the situation by risk level;  $(\Pi Z_i)$  – problematic situational task;  $MS$  – information model of the situation, in the event of an active attack ( $A \rightarrow x$ );  $I_k$  – an indicator of the influence of a cognitive agent ( $KIA$ ) on decision-making;  $\{U_i\}$  – management action;  $(I_k, I_i)$  – quality criteria.

Integrated hierarchical systems with different types of functional goal-oriented purpose are divided according to rank criteria of hierarchy levels [3]:

- *Rang1* – SAR – systems of automatic regulation of the tracking type;
- *Rang2* – ACS-TP – systems of automatic control of technological processes;
- *Rang3* – ACS-OAP – systems of automated control of organizational administrative processes;
- *Rang4* – IACS (Opt, Adap) – integrated optimal adaptive control systems;
- *Rang5* – IHACS (Coord Ci) – integrated hierarchical intellectual systems with coordination;
- *Rang6* – PIIACS – purposefull intelligent systems.

When an emergency situation (ES) occurs, the process of technogenic hierarchy management can be divided into three main stages: 1) recognition of ES; 2) decision-making process; 3) management.

At the first stage of recognition of an emergency situation, the process of identifying a problematic situation and comparing it with already known attack scenarios based on models of representations of a situation when the level of permissible risk increases to a high level over a certain period of time, occurs, takes place, passes. At the same time, there is a process of assessing risks, possible damages and consequences of an emergency situation. While the attack is taking place, it is also necessary to determine the local target at which it is directed [4].

At the second stage, a decision-making task is set based on the formation of the appropriate model according to the ES, updating the target of the attack, which leads to the selection of alternative means of countering the development of the attack, drawing up decisions and action plans.

At the third stage, the management process directly occurs, which prevents the development of the attack and allows you to assess its consequences and the results of achieving the goal (fig. 1).

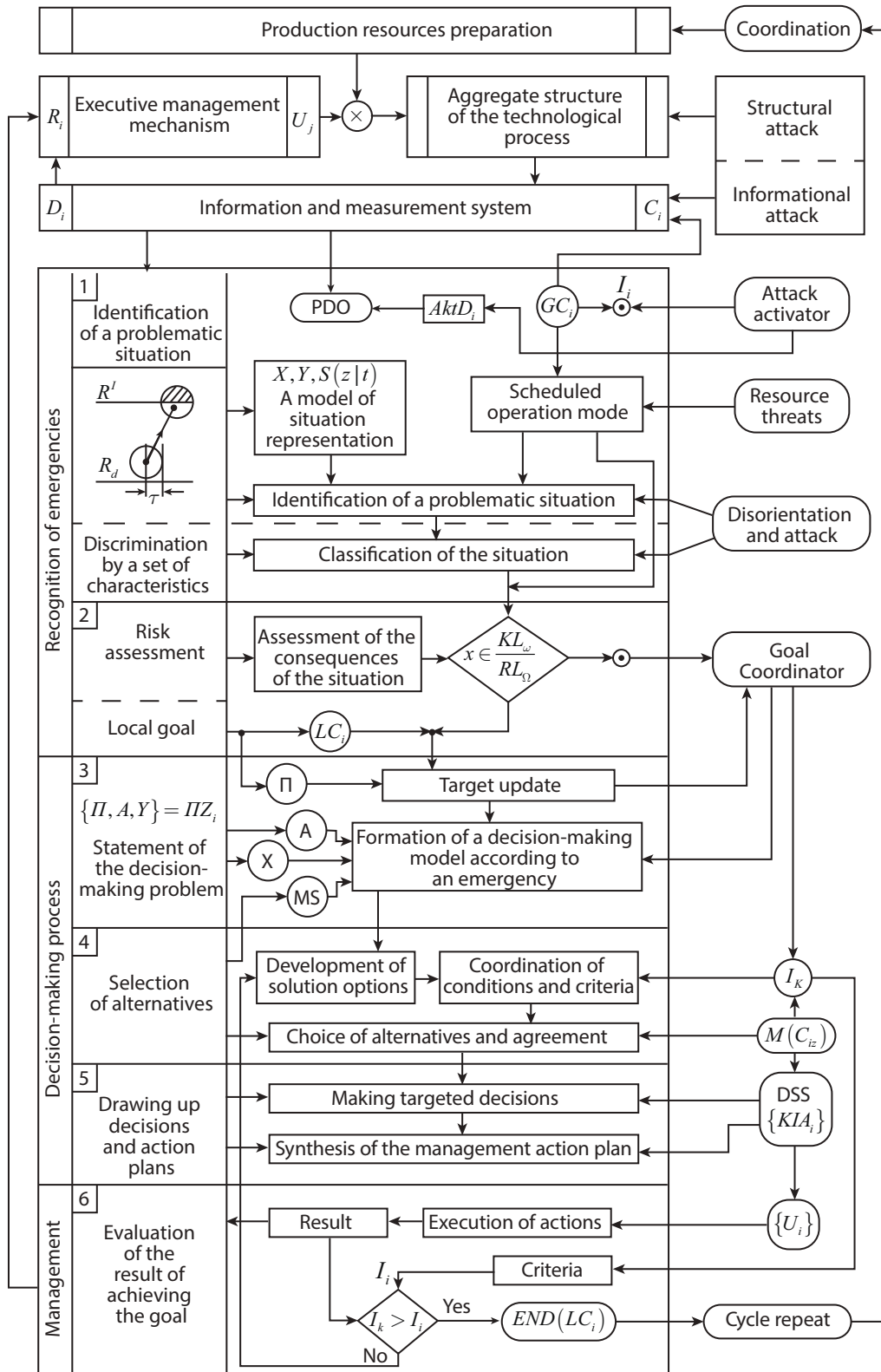


Figure 1 – Structural terminal cyclic diagram of the technogenic hierarchy management process under conditions of risk of threats and attacks

To ensure the stability of an integrated system with a hierarchy, it is necessary to introduce a set of authorizations, both for access to the decision-making process and for access to production data, standards, plans, current and strategic information (fig. 2).



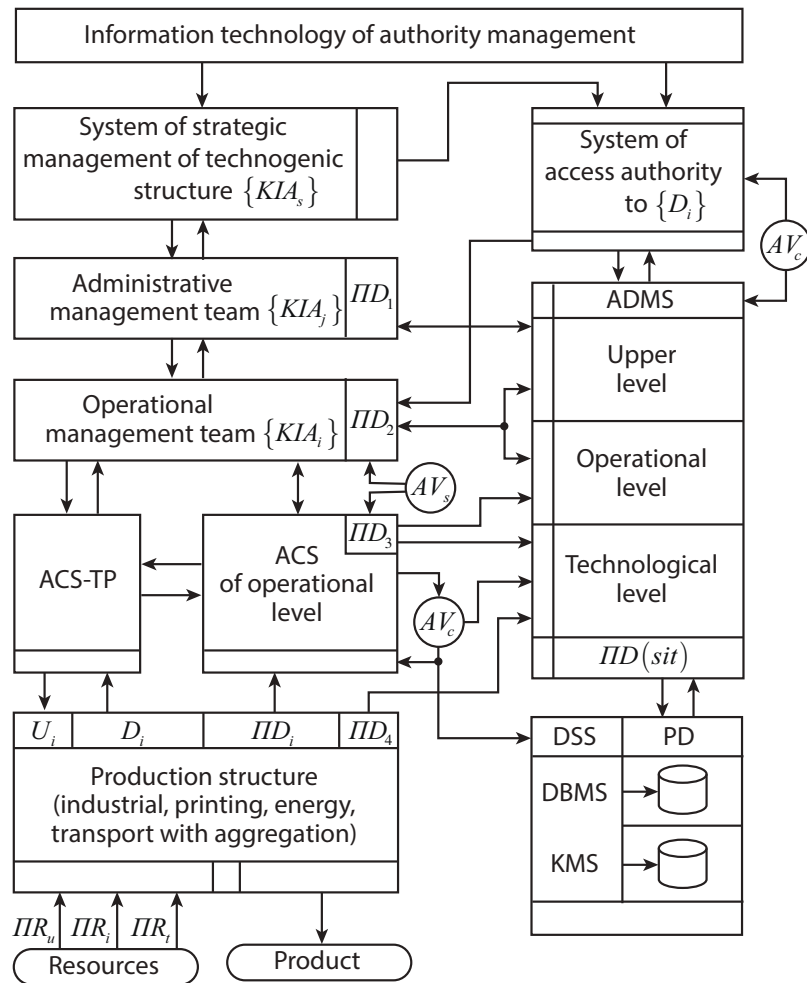


Figure 2 – Structural and functional scheme of management of access rights to ADMS of technogenic integrated system

The set of authorizations for access to the process of management and document circulation is implemented through the structure of the authority management system in the automated document circulation system [5].

The authorization management system (AMS) provides access to commands and blocks the action of active agents from intruding into the function and process of managing the integrated structure.

The authorization system provides access to information contained in documents (objects) and its connection with the user identification service (subjects) in ADMS. The operation of the access service is based on the AMS, developed by specialists in the field of security, and coordinated with the administration of ADMS.

The structure of the repetition management system can be described at the physical and logical levels. The physical mapping of an AMS occurs in the defined relationships not only of objects with ADMS subjects, but also of the possible functional interactions between the objects themselves and their components. This implementation is especially important at the stage of designing documents and agreeing on their parameters (identification code, level of secrecy, document structure, etc.). Within the framework of physical components, a number of logical connections can be implemented, which are described by logical components. In

general, the structure of AMS in ADMS can be described by such universal schemes as static, dynamic and conditionally modified [6].

The static structure of AMS in ADMS is characterized by the fact that the relationships between individual components do not change during the functioning of the system. The existence of relationships between components does not mean that there is a functional relationship between them. Such systems may have different logical and functional structures not interconnected within the ADMS system.

The functional structure of AMS in ADMS can change according to the predetermined time period of its operation. Changes in the work of the authority management system can also occur based on the analysis of the results of its work during a given period of time  $\Delta T$ .

*Condition 1.* If, over a certain period of time, the level of secrecy of documents in AMS changes, and accordingly their level of protection in ADMS, this involves the introduction of corrections in granting access rights to the specified documents for all subjects of ADMS.

Such a time interval  $\Delta T$  is determined by the period of solving the basic tasks of the authority management system in ADMS, and the analysis of the functioning of the system during time  $\Delta T$  is implemented by means of the interpretation of the results obtained by the application task in ADMS. When analyzing the operation of the authority management system, attention should be paid to the following main factors [1]:

- connection of the results of solving the applied problem with the ADMS functioning process in period  $\Delta T$  ;
- analysis of the parameters characterizing ADMS regardless of the interpretation used in processing of its functioning;
- analysis of development or changes in the structure of AMS;
- determination of the level of risk that may change upon completion of  $\Delta T$  .

Conditionally modified structure of the authority management system is a structure that can be modified at any time  $\Delta T$  of ADMS operation. Its modification may occur for one of the following reasons: registration of events with a negative interpretation; output of parameters that characterize AMS beyond permissible limits; initiation of changes in the system as a result of counteracting detected attacks in ADMS. Any changes in the components of AMS can also lead to changes in its structure and strategy optimization. Therefore, for organizations with a hierarchical structure of production process management, the conditioned and modified AMS structure is most suitable, able to quickly react in the conditions of threats and attacks.

### **The problem of optimizing the security level of the authority management system**

When the authorization management system is functioning in ADMS, the main aspect of its effectiveness is the determination of the optimal level of security. It is clear that the level of security should not exceed certain permissible limits in the security policy related to the determination of the level of risk and vulnerability of

ADMS [7]. When the security level in the AMS is close to zero, it will evolve into a Resource Management System (RMS), which also manages the tasks used and operated within the ADMS [8]. Therefore, the use of AMS in ADMS is appropriate only in those cases when ADMS documents require appropriate security (fig. 3).

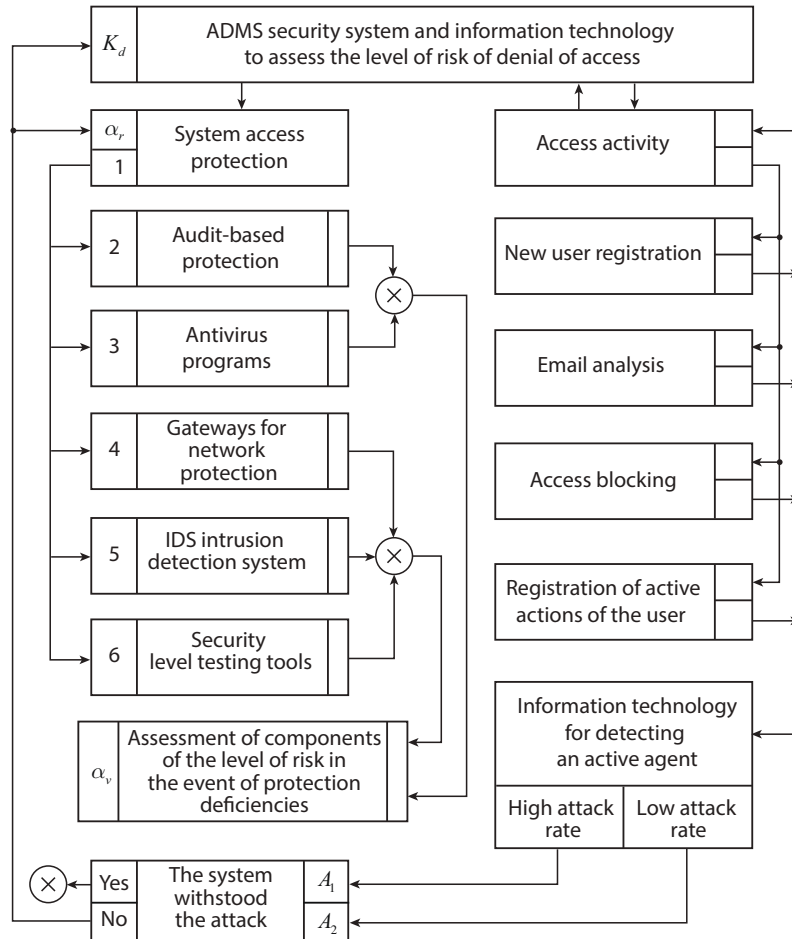


Figure 3 – Structural and functional diagram of the information technology of protection of access to ADMS for agents of different levels of the hierarchy

The main functions of AMS, developed in the security policy, include the following (fig. 4):

- $F_1$  – the ability of ADMS protection tools to detect and counteract external negative factors that prevent work with documents (access or modification attacks);
- $F_2$  – providing reliable access to information in ADMS to authorized users;
- $F_3$  – detection of internal errors and unauthorized intrusions into the system, which are registered in the event logs of the system administrator;
- $F_4$  – timely response to negative events according to the protection scheme.

The events associated with the implementation of attacks include events that are characterized by a change in the parameters of the access conditions in ADMS, especially when, before the occurrence of such events, access to ADMS was prohibited by the authorization management system. When ADMS attacks are detected, it is necessary to analyze the sequence of events that can be linked [9]. With such an analysis, it is possible to detect an attack, or the fact of its absence in the

current situation of the ADMS functioning process, in accordance with the security policy of the hierarchical management structure of technogenic or organizational-administrative systems adopted at the strategic level (fig. 4).

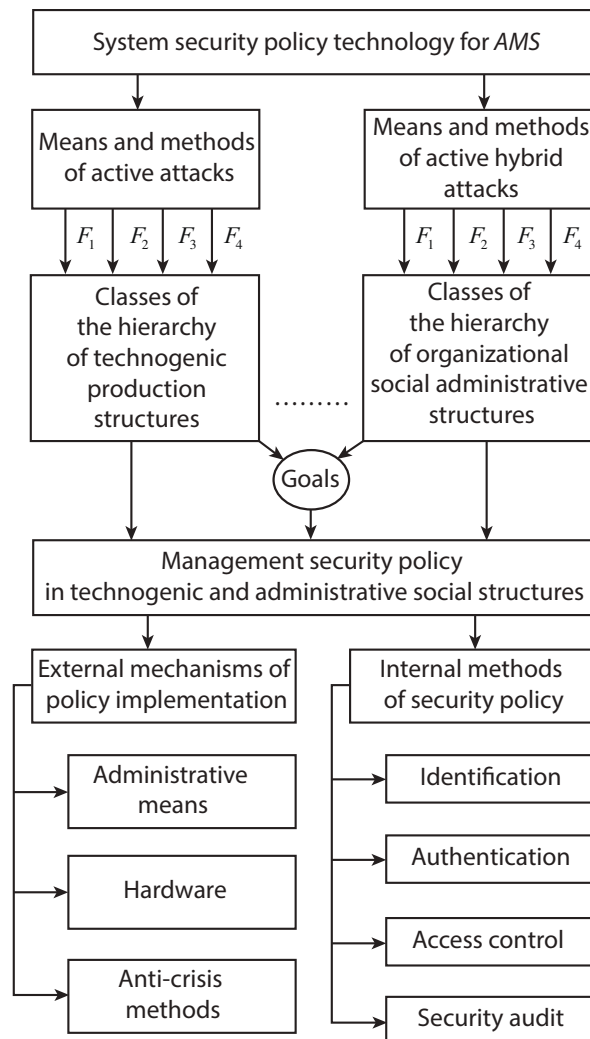


Figure 4 – Information technology and structural diagram of security policy implementation for the authority management system

In addition to detecting access attacks in ADMS, a conflict situation may arise in the access control system itself. Such situations are usually called anomalies in the process of functioning of the authorization management system, but they can also be attributed to attacks due to internal errors of the system. Examples of conflict situations include conflicting events of subjects on objects in ADMS, for example, when the authorization management system grants one user the authority to modify a document and another user the authority to delete all information in that document. In the functioning of the authority management system, it is also necessary to analyze not only the management of the granting of authority to subjects over objects, but also to control the implementation of appropriate non-contradictory actions over them [10].

## Mathematical logic method for formal description of operational data access control systems

The presence or absence of authorities can be interpreted as discrete events. The conditions determining the possibility of the occurrence of certain events also allow for a discrete interpretation, since their nature in most cases is such that the condition is fulfilled or not fulfilled. Between the conditions leading to the occurrence of the event and between the events there are relationships that allow their logical interpretation. For example, for the occurrence of some event  $y_i$  a certain combination of events can be used, the connection between which, thanks to their discrete interpretation, is described by logical functions of narrow calculus  $\{\&, \vee, \rightarrow, \neg\}$  [11]. The system of these functions, depending on the specific needs of the subject area of authority management tasks, can be extended by additional logical functions that will describe selected logical connections interpreted as axioms of a specific task, or specialized connections between individual variables that have their own interpretation in subject area, which is consistent with the generally accepted interpretation in mathematical logic [12].

The conditions describing the possibility of occurrence of certain events are formed by the users of the relevant information systems and are primarily determined by the interpretation of the relevant data and operations with this data. In order to be able to form certain data structures and their interpretations, it is necessary to create a system of data evaluations used in information systems (IS) [13]. Appropriate data evaluation techniques directly belong to certain groups of users. Therefore, the assessment methods represent a certain hierarchy based on the basic definitions corresponding to the Table 1 estimates of the level of importance in case of data loss in the hierarchy of management systems.

Table 1 – Ranking scales of assessments of the importance of data for making operational and strategic decisions by the operator<sup>1</sup>

N <sub>o</sub>	$LR_i$	Availability class	$R_z$
1.	$LR_1$	Available data	$\leq 0,5$
2.	$LR_2$	Service data	$\leq 0,6$
3.	$LR_3$	Design and technological data	$\leq 0,7$
4.	$LR_4$	Personal data of operational personnel	$\leq 0,8$
5.	$LR_5$	Corporate data	$\leq 0,8$
6.	$LR_6$	Personal data of customers	$\leq 0,8$
7.	$LR_7$	Operational management and administration data	$> 0,8$
8.	$LR_8$	Closed administrative and financial data	$> 0,9$
9.	$LR_9$	Closed strategic level data	1,00

Markings in the Table 1:  $R_z$  is importance rank in case of data loss;  $\{LR_i\} \rightarrow (I_v = \sum Shi)$  is rating scale diagram.

<sup>1</sup> The rank limits were determined on the basis of a year-long survey of specialists of ten printing enterprises in which the operation of the access control system and ADMS is established.

The problem of data evaluation is closely related to the choice of scale for appropriate evaluations. Information systems were based on the transfer of the latter from paper media to digital media and into digital computer systems that were formed as databases or as specialized data systems, then the methods of evaluating relevant data were also transferred from information systems that were formed on the basis of paper media information [14]. Limitations in *IS*, which were implemented in digital structures of means of protection:

- $n_k$  – the number of assessments used was limited;
- $n_s$  – the method of determining this or that assessment depended significantly on the subjective factors of the users;
- $n_a$  – general analysis of a set of data that had different estimates was quite difficult to conduct, since interdependencies between different estimates were described by relatively simple relationships.

An example of such evaluations is the four-level evaluations known from the Bell-Lapaduli models and others and defined as «available data», «data for official use», «secret data» and «top secret data» [15]. When moving to *IS* implemented in digital systems, it becomes possible to use significantly more levels of assessments that can be defined within the chosen measurement scale. The use of a small number of gradations for data evaluations will be called a coarse-discrete evaluation system, and accordingly, the scale of their measurements will be called a coarse-discrete scale. Analyzing the well-known assessment models, we include scales in which the number of assessment levels  $R(\widehat{O})$  is no more than five, or:  $R \leq 5$ . A peculiarity of the coarse-discrete scale is that each assessment is determined exclusively based on the subjective considerations of the user, who in most cases is the owner of the relevant data [16].

In the case of a fine-discrete rating system, or when using a fine-discrete scale (FDS), the following opportunities arise for the formation of signs of importance in case of data loss, which affect the possibility of documentary information attacks (table 1, fig. 5):

- $m_1$  – to automate the process of determining ratings based on factors that are interpretatively related to the corresponding ratings and which excludes the process of forming a certain interpretation by the user (the need for a separate rating with *FDS*);
- $m_2$  – the measure of DDH readings can be implemented in the direction of decreasing the value of a separate dimension in the rating scale, even if for the corresponding reading level, the interpretation of the corresponding rating levels is established, in an explicit form by the consumer;
- $m_3$  – when reducing the discretization level of *RO*, it is necessary to establish some limit of such reduction  $\delta(RO)$ , after which the reduction of *RO* cannot have a reasonable interpretation.

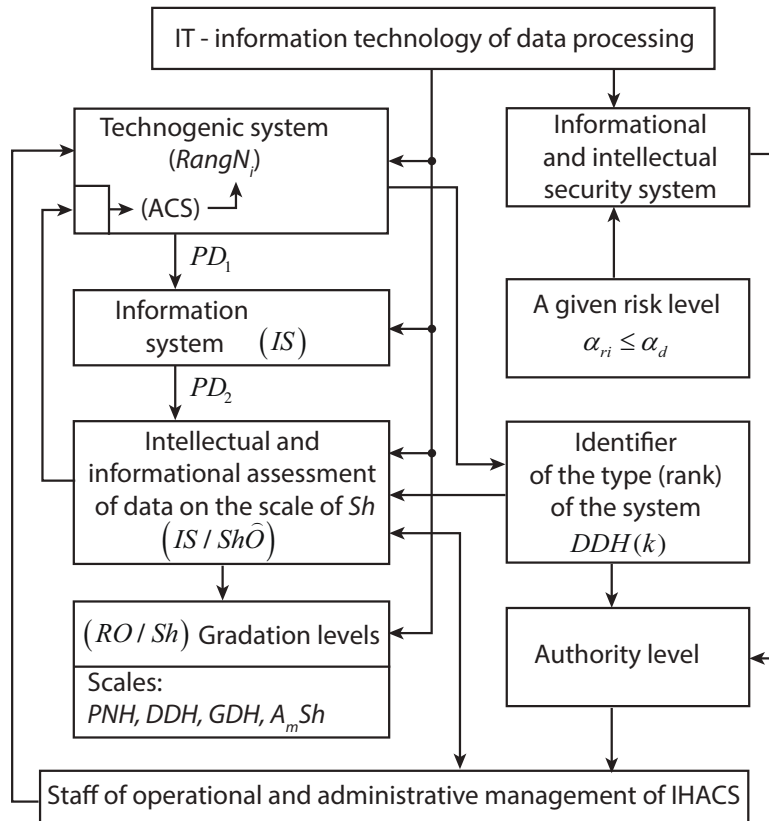


Figure 5 – Logical-cognitive structural diagram of formation of authorities of access to operational and strategic level data

When the FDS reaches the level of  $Shr(R\hat{O})$ , we have a pseudo-continuous data rating scale (PCS). We will refer to a scale of this type as a continuous scale from the point of view of the methods of analysis of the corresponding assessments. In order to determine the analytical features of the evaluation system, we will analyze at a qualitative level the reasons that determine the expediency of using the appropriate evaluations. The object of assessments should not be only data. The objects of assessments can be the processes operating in the information system (IS), individual programs and other components used to implement the functioning processes as a whole. Different objects are included in the classes of the system, they can be evaluated based on different interpretations. A separate system of scales  $[Shi(\hat{O})]$  must be used for each individual system. At the general level of evaluation of the information system, it is necessary to consider the methods of integration of evaluations in different systems. Let us denote rating systems by  $FDS(K)$ , where  $K$  is the identifier of the system in which the rating is performed.

Consider the system of assignment of powers in which, to the maximum possible extent, the possibility of introducing subjective factors into the determination of powers related to the rights to use information in documents is excluded. For known object evaluation models, we will call them categories, and we will assign subjects to different classes [17]. As part of this approach, the authorization management system (AMS) consists of the following components (fig. 6):

- $k_1$  – managing the assignment of categories to each individual object;

- $k_2$  – the management component and definition of the class of the subject that can have certain powers in relation to the objects;
- $k_3$  – component of relationships between classes and categories;
- $k_4$  – component of defining the current category of a separate object;
- $k_5$  – component of defining the current category to a separate subject.

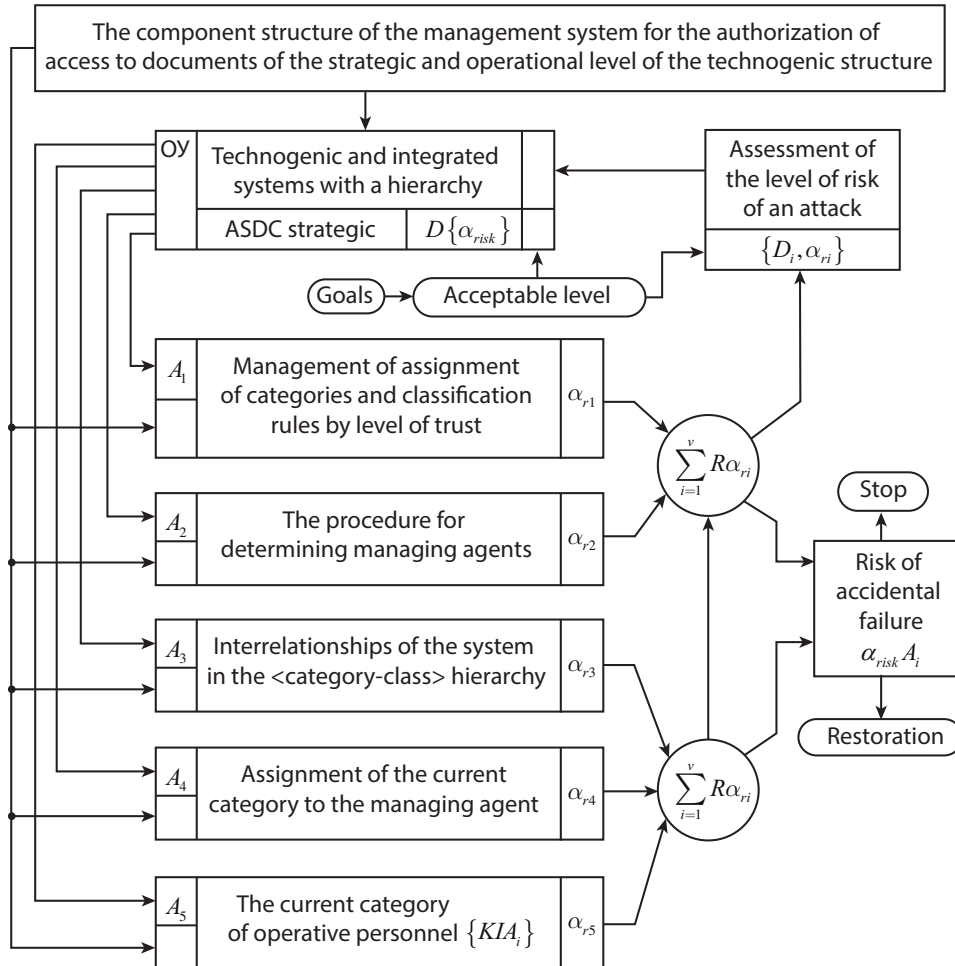


Figure 6 – Component structure of information technology for the ADMS access authority management system

At the initial stage of the formation of the authorization system, all objects and subjects that are known at the time of the installation of the authorization management system receive categories and classes according to the data on the subject area to which they belong [1]. At this stage, the degree of subjectivity is maximum for AMS, since the description of the subject area is formed by specialists who specialize in the relevant subject area, databases and knowledge ( $W_i, BD, BZ$ ).

At the following stages of the operation of the authority management system, authority management is implemented in accordance with the following factors of executive actions:

- $F_{p1}$  – a change in the class of subjects, which is caused by events that take place in  $W_i$  and are the processes of authentication of subjects;



- $F_{p2}$  – on the basis of data obtained as a result of monitoring the access rights of individual subjects to the relevant objects;
- $F_{p3}$  – based on events occurring in  $W_i$  and associated with objects and subjects;
- $F_{p4}$  – based on category changes in objects;
- $F_{p5}$  – based on data on attacks on the data system, which is a component ( $W_i$  – a class of system description ontologies).

Let's consider the theoretical basis of the description and research of methods of managing the assignment of categories to each individual object or group of objects. Since there can be quite a lot of individual objects, we will consider not individual objects but their classes, and we will move to individual objects based on individual conditions, which we will call conditions of detailing.

We will introduce the principle provisions that determine the methods of assigning a category to an object  $x_i$ , which will be formally denoted by  $x_i(k_j)$ , where  $x_i$  is the object;  $k_j$  is the  $j$ -th category of the object  $x_i$ .

According to the known estimates, we will assume that the categories are mutually dependent. Such a dependence corresponds to the growth of the category number, which can be formally written as follows:

$$K = \{k_1 < k_2 < k_3 < \dots < k_n\}.$$

In this case, the interpretation of different categories is fundamental. We will interpret the category  $k_i$  as a measure of secrecy. This means that if  $t_i < t_j$  exists, the secrecy level of  $k_j$  will be higher than the secrecy level of  $k_i$ .

Since the categories for objects  $x_i$  within the authority management system must change automatically, it is necessary to decide on the criteria used to determine  $k_i$  for  $x_i$ . For this purpose, we introduce the following definitions.

*Definition 1.* The degree of secrecy  $\mu_i(k/x)$  of the category  $k_i$  of the object  $x_i$  is higher, the smaller the number of subjects  $y_i$  has the authority to use the object  $x_i$ .

If we assume that  $\langle x_i(k_i) \text{ and } x_j(k_j), \text{ then } k_j > k_i \rangle$ , then  $\langle \sum_{i=1}^n y_i > \sum_{j=1}^n y_j \rangle$ , where  $y_i = f_i(x_i)$ , and  $y_j = f_j(x_j) \Rightarrow (\min \alpha_{risk}(f_i \in F))$ , where  $f_i$  is a function describing the types of powers relative to  $x_i$  (similarly for  $f_j$ ).

Accordingly, a categorical diagram of the degree of secrecy of the object with respect to the system is constructed (Fig. 7). In this case, there may be a situation when  $x_i$  is an object that is not functionally needed by subjects of class  $y_i$  and therefore the latter do not use  $x_i$ .

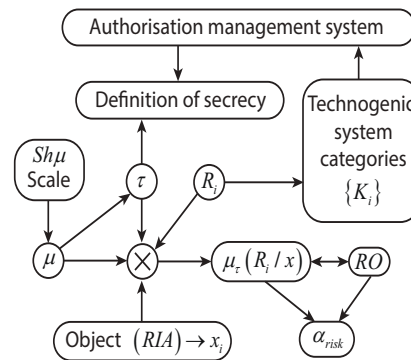


Figure 7 – Categorical diagram of the formation of the degree of secrecy of the object in relation to the authority management system

To avoid the corresponding contradiction, we assume that all objects  $x_i$  from  $X$ , where  $X \subset W_i$ , are functionally required by all of  $y_i$  from  $Y$ , where  $Y \subset W_i$ . Such a condition is justified if we take into account that all objects  $X$  and all subjects  $Y$  are components of one system, and the tasks solved within the framework of the relevant information system are closely related to each other.

This condition means that both  $(x_i \in X \text{ i } y_i \in Y)$  are functionally homogeneous within the framework of the information system. Accordingly, in the case where  $x_i$  and  $y_i$  from  $IS$  are not functionally homogeneous and individual subjects use only their functionally necessary objects  $x_i$ , then the task of introducing and using concepts about categories  $k_i$  for  $x_i$  and, accordingly, introducing and using concepts of classes for  $y_i$  would not be relevant.

## Research results

With the help of mathematical logic methods for the formal description of management systems for access to operational data and the use of ranking scales, a method of ranking the importance of data for making operational and strategic decisions in hierarchical structures, which affects the management process, has been developed.

A categorical diagram of the formation of the degree of secrecy of the object in relation to the authority management system and the information system in general has been developed, which allows creating a model of authority management for technogenic hierarchical management systems.

A survey of specialists and system administrators of automated authority management systems (AAMS) was conducted in order to increase the reliability of the assessment of the level of importance of data loss in the hierarchy of management systems. Based on the studied data, a table of ranking scales of the importance of data loss is given.

Research results can be implemented in the design of the management and protection system not only for AAMS, but also for any complex systems with a hierarchical structure in the conditions of threat and crisis situations.

## Conclusions

An analysis of the information support of the authorization management system, which is based on the functioning of automated document management systems with a hierarchical structure in the conditions of threats, was carried out, on the basis of which a structural-terminal cyclic scheme of the technogenic hierarchy management process was developed and substantiated in the conditions of the risk of threats and attacks.

The structural and functional scheme for managing access rights to the ADMS of the technogenic integrated system is substantiated and developed, the set of powers for the management process and document flow based on the access rights management system is described, the structure of the construction and functioning of the AMS is considered.

The problems of optimizing the security level of authority management in hierarchical production structures were analyzed, as a result of which a structural-functional scheme of information technology for protecting access to ADMS for agents of different levels of the hierarchy was proposed.

The main functions of AMS, developed in the security policy for any organization with a hierarchical structure, events related to the implementation of access attacks were studied, on the basis of which the information technology and the structural scheme of the implementation of the security policy for the authority management system were developed.

### References.

1. Durnyak, B.V., Sabat, V.I., & Shvedova, L.E. (2016). Authority management in information protection systems: Monograph. UAP.
2. Veres, O.M. (2010). Decision support technologies. (In general ed. V.V. Pasichnika). Lviv Polytechnic.
3. Sikora, L.S. (1998). Systemology of decision-making and management in complex technological structures. Kamenyar.
4. Sikora, L., Lysa, N., Tkachuk, R., Sabat, V., & Fedevych, O. (2021). Information Technology of Risk Assessment for Automated Control Systems of Printing Production. CITRisk'2021: 2nd International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems, 1-15. [https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/9708/1/4\\_St\\_2021.pdf](https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/9708/1/4_St_2021.pdf).
5. Kunchenko-Kharchenko, V.T. (2015). Information and management documentation in hierarchical systems: Concepts of information protection. UAP.
6. Pavlov, A.A., Grisha, S.N., Tomashevsky, V.N., Sinyavsky, E.P. et al. (1991). Fundamentals of system analysis and design of automated control systems. (Under total ed. A. A. Pavlova). Vyschaya shk.
7. Sabat, V., Sikora, L., Durnyak, B., Lysa, N., & Fedevych, O. (2022) Information technologies of active control of complex hierarchical systems under threats and information attacks. The 3rd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS-2022), (3156), 305-318. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85133627478&partnerID=MN8TOARS>.
8. Domarev, V.V. (2001). Safety of information technologies. Methodology of creation of protection systems. TID "DS".

9. Kobozeva, A.A., Machalin, A.A., & Khoroshko, V.O. (2010). Security analysis of information systems. DUIKT.
10. Vasylenko, V.O., & Shostka, V.T. (2003). Situational management. KTSUL.
11. Vertuzaev, M.S., & Yurchenko, O.M. (2001). Protection of information in computer systems against unauthorized access. European university.
12. Boolos, J., & Jeffrey, R. (1994). Computability and logic. Mir.
13. Hrytsunov, O.V. (2010). Information systems and technologies: teaching manual for students studying "Transport technology". KhNAMG.
14. Sergienko, I.V. (1985). Mathematical models and methods of solving discrete optimization problems. Naukova dumka.
15. Androshchuk, G.A., & Krainev, P.P. (2000). Economic security of the enterprise: protection of trade secrets. In Yure.
16. Tymchenko, A.A. (2000). Fundamentals of system design and system analysis of complex objects. Lybid.
17. Ushakova, I.O., & Plekhanova, G.O. (2009). Information systems and technologies at the enterprise. Ed. Khneu.

УДК 004.056.5

## ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПОЛІГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ В МЕЖАХ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В ПОЛІГРАФІЇ»

**Бізюк А.В.**

к.т.н., професор кафедри «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

*Анотація.* В дослідженні розглянуті способи поліграфічного захисту друкованих виробів від фальсифікації за рахунок графічних елементів (растрових та смугових плашок, прихованих зображень тощо) та відповідно способи моделювання розглянутих ефектів в процесі практичних занять з навчальної дисципліни «Захист інформації в поліграфії» кафедри МСТ ХНУРЕ.

*Ключові слова:* ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ В ПОЛІГРАФІЇ, ЗАХИСТ ПОЛІГРАФІЧНИХ ВИРОБІВ ВІД ФАЛЬСИФІКАЦІЇ, ЗАХИСНІ ЕЛЕМЕНТИ, ПРИХОВАНІ ЗОБРАЖЕННЯ, ЛІНІЙНИЙ РАСТР.

### **Вступ**

Захищена поліграфія – виготовлення поліграфічним способом виробів, захищених від підробки за рахунок використання спеціальних матеріалів, технологій, устаткування під час виготовлення, і навіть впровадження спеціальних захисних елементів.

Захищена поліграфічна продукція – це будь-яка поліграфічна продукція, яка має елементи, призначені для захисту продукції від фальсифікації, виготовлені будь-яким способом. Елементом захисту поліграфічної продукції називається найменша складова системи захисту, виконана з метою запобігання фальсифікації та різних впливів, що належить будь-якому з методів захисту і відрізняється від інших елементів [2].

Сучасні поліграфічні вироби, як правило, містять певний набір захисних елементів, що відповідає рівню цінності виготовленого продукту та побажанням клієнта. Принцип дії таких захисних елементів базуються на фізичних, хімічних або оптичних властивостях матеріалу (паперу, плівки), фарб, особливостях друку. Їх безумовно наносять на наносяться на цінні папери, грошові купюри, документи. Поширеним є також використання поліграфічного захисту етикеток чи пакування.

Ці елементи вносяться до оригінал-макету виробу ще на стадії проектування дизайну, проте мають передбачати способи друку, якими буде надалі відтворюватись зображення. Популярними є засоби, які не вимагають застосування спеціальних фарб (пантонних чи люмінесцентних) або спеціального паперу (з водяними знаками, наприклад). До таких способів належать описані нижче графічні дизайнерські захисні елементи.

Сучасні технології орловського, ірисного або металографського друку, напівтонові водяні знаки, полімерна нитка у паперовій масі, мікроперфорація та багато інших високотехнологічних елементів здатні забезпечити дуже високий рівень захисту. Проте вони є монополією держави або вимагають суттєвого ускладнення застосованого обладнання та з цієї причини можуть бути недоступні комерційним друкарням. Використання таких складних технологій, як правило, обмежене умовами виготовлення цінних паперів та грошових знаків.

Водночас розміщення у державній системі НБ України замовлення на виготовлення рядової упаковки, фальсифікація якої у час широко поширена, найчастіше виявляється неможливою з комерційних причин.

Таким чином актуальним є дослідження таких елементів поліграфічного захисту, які з одного боку забезпечують достатньо високий рівень захисту від дій зловмисників, а з іншого є доступними в технологічному сенсі. Сучасні комерційні друкарні мають у своєму розпорядженні різні системи поліграфічного відтворення та можуть запропонувати своїм замовникам ряд ефективних способів захисту. Гільоширні елементи, тангірні сітки, мікрографіка, муарові ефекти та багато інших технологій, розроблених для поліграфічних систем відтворення, здатні з тим чи іншим ступенем надійності захистити від фальсифікації етикетові або пакувальні вироби.

### **Мета та задачі дослідження**

Суттєвим аспектом поточного дослідження є поліпшення методики викладання навчальної дисципліни «Захист інформації в поліграфії» кафедри МСТ ХНУРЕ, в межах відведеного часу відповідно до нагальних потреб поліграфічних виробництв регіону. З точки зору поєднання теоретичного та практичного навчання доречним є відтворення протягом лабораторних занять якнаймога більшої кількості згадуваних вище елементів, що розширює «звичність» таких елементів для майбутнього дизайнера, та, відповідно, збільшує конкурентоспроможність у подальшій роботі.

Найбільш поширеними серед елементів захисту поліграфічної продукції є різноманітні графічні елементи, які додаються на стадії розробки дизайну оригінал-макету. Це може бути мікротекст, зображення чи орнамент. Надруковані офсетним друком з високою роздільною здатністю, тим більше у порівнянні з цифровим друком на струменевих або електрографічних (лазерних) принтерах, такі елементи стають дуже складними для несанкційованого відтворювання, оскільки обладнання повинне мати дуже високу точність друку.

В лабораторних умовах ЗВО довести результат роботи до офсетного відбитку є зазвичай складною та надто дорогою справою, але навіть відтворення цифровим друком надає можливість оцінити принципи захисної дії елементів. Таким чином доречно говорити про моделювання захисних елементів, що припустимо в умовах навчання.

## Основна частина

### Дослідження способів графічного захисту друкованих видань та їх моделювання в умовах навчання

В поточному дослідженні ми будемо обмежуватись областю графічних елементів та, зокрема, прихованих зображень. Ефект прихованого зображення полягає в тому, що якщо повернути аркуш паперу під певним кутом, то в ньому стають видимими нові елементи. Наприклад, можна зробити два лінійних растри, замаскованих перпендикулярно один в іншому. В цьому випадку прихована картинка виявиться під час перегляду малюнку під дуже гострим кутом. Схожого ефекту можна досягти, якщо використовувати замість растрової системи на друкарській формі смугасті плашки перпендикулярної орієнтації. Хоча, зрозуміло, в цьому випадку захисні властивості елемента суттєво зменшаться, проте принцип дії буде той самий.

#### Кіп-ефект

Кіп-ефект (латентний ефект) – спосіб створення прихованих зображень методом металографічного друку. Зображення стає видимим під час розгляду листа під гострим кутом у відбитому світлі. Залежно від орієнтації зображення певні ділянки можуть ставати більш темними або більш світлими. Ефект використовується як один із способів захисту цінних паперів від підробки, за умов використання металографічного друку. Латентне зображення цифрового позначення номіналу присутнє майже на всіх гривневих купюрах. Наприклад, на купюрах зразка 2003-2007 років рельєфне зображення цифрового номіналу приховано в декоративному елементі з зображенням малого герба України (рис. 1).

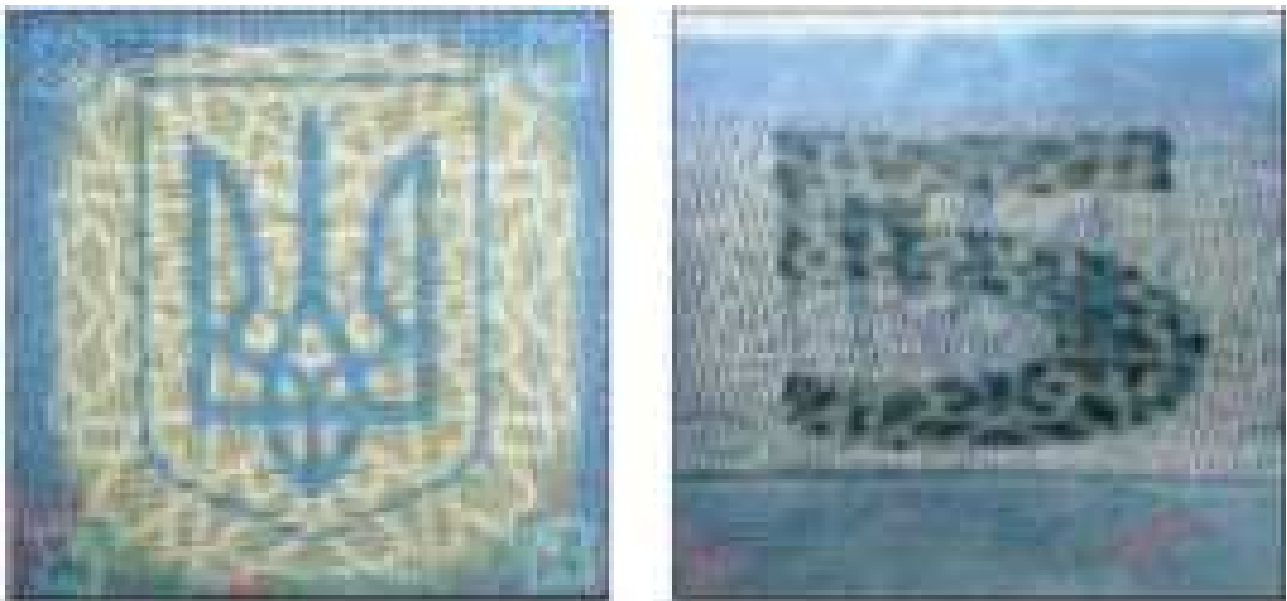


Рисунок 1 – Приклад прихованого зображення на купюрі зразка 2003 року

Так само на всіх гривневих купюрах зразка 2018 року розташований прямокутний з прихованим зображенням номіналу. На рис. 2 наведено цифрове

позначення номіналу "1000", приховане в двоколірному орнаменті, розташованому по середині правого краю лицьового боку банкноти. Цифри видимі при розгляданні банкноти на рівні очей проти світла під гострим кутом: темні на світлому фоні – при розгляданні банкноти з довгої сторони, світлі на темному фоні – при розгляданні банкноти з короткої сторони.



Рисунок 2 – Приклад прихованого зображення на купюрі зразка 2018 року

### Моделювання кіп-ефекту

Кіп ефект досягається створенням зображення з тонких паралельних ліній однакового рельєфу, на якому лінії переднього плану перпендикулярні лініям заднього плану. В залежності від освітлення або кута перегляду передній план виглядає світлішим за задній або навпаки.

Для відтворення такого ефекту необхідна наявність двох шарів штрихової заливки з напрямом нахилу під кутом 90 градусів один до одного. Для формування фігурної області виділення можна додати текстовий шар з певним словом.

Необхідний ефект виникає шляхом накладення шарів штрихової заливки зі зміною напрямку штрихування у визначеній області (рис. 3).

Нескладними діями у фотошопі є заливка певним узором або вилучення фігурної області в одному з шарів. Таким чином створюються дві області в зображенні, заповнені перпендикулярними смуговими ділянками (растрами).





Рисунок 3 – Приклад моделювання кіп-ефекту за допомогою смугових шарфі в фотошопі

Для перевірки дієвості ефекту можна роздрукувати отриманий елемент та розглянути його під гострим кутом до поверхні.

Під час перегляду зображення під прямим кутом (рис. 4) густина білих та чорних штрихів для людського ока виглядає однаковою, тому людина сприймає візерунок як заповнення 50% : 50%, тобто певною градацією сірого кольору.

Якщо переглянути зображення під гострим кутом (рис. 5), то в областях, де напрям штрихування співпадає з напрямом зору, людське око все ще розрізняє білі та чорні смуги як 50% : 50%. Проте на ділянках, де напрям штрихування перпендикулярний напрямку зору, людині здається, що чорні смуги переважають, та людське око бачить цю частину зображення більш темною.

### **Моделювання оптичної ілюзії з лінійчатим растром**

Цікавим є також спосіб створення прихованого зображення, відомого як «растрова оптична ілюзія» за рахунок поєднання фонового плашкового напису з лінійчатим растром того ж кольору, якщо напису надати невеличкого зсуву відносно растру. Тобто, коли літери напису дещо «виглядають» з боку ліній растру. У такому випадку під час перегляду зображення з близької відстані людське око сприймає зміну товщини ліній растру, які створюються за рахунок зсуву тексту відносно ліній, як локальні дефекти (рис. 6). Людський мозок не складає ці локальні дефекти у суцільну картину.

Якщо переглянути те ж саме зображення з далекої відстані (рис. 7), то станеться навпаки: людське око не сприйматиме локальні дефекти, проте для людини картина складатиметься в суцільне зображення.



Рисунок 4 – Приклад перегляду змодельованого зображення під прямим кутом



Рисунок 5 – Приклад перегляду змодельованого зображення під гострим кутом

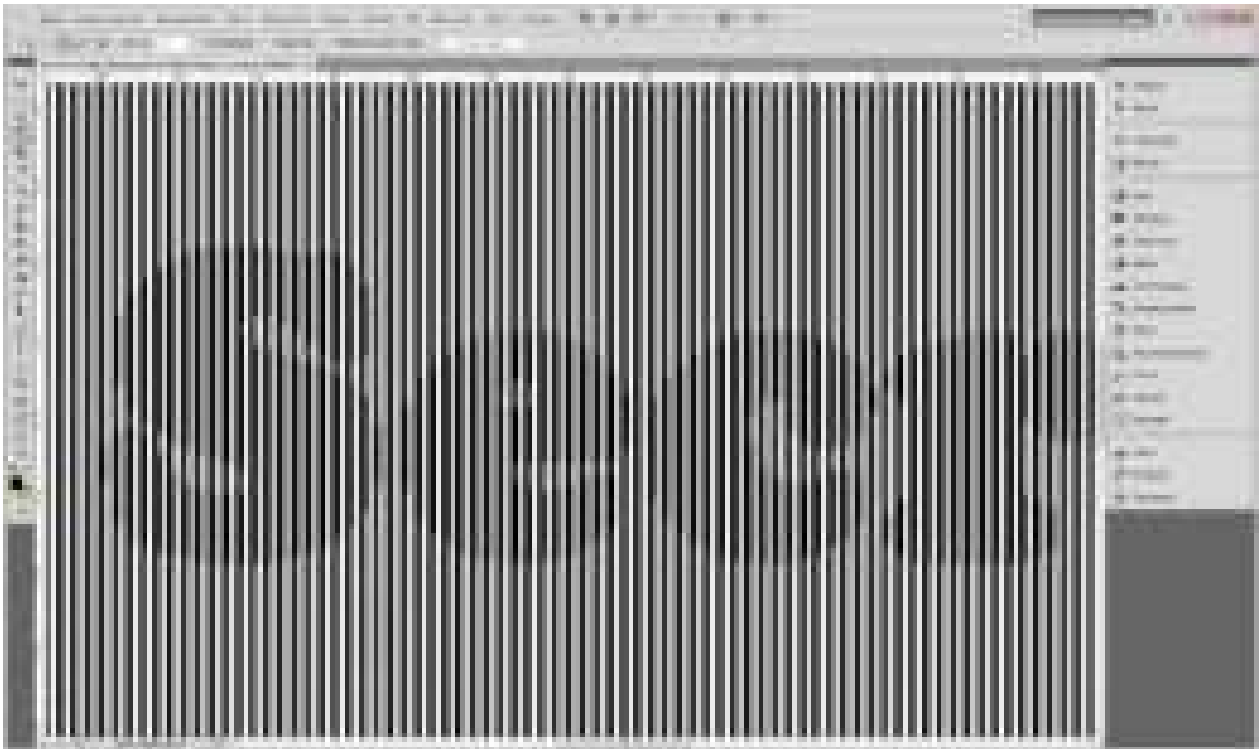


Рисунок 6 – Моделювання перегляду поєднаного текстового зображення з лінійним растром з близької відстані



Рисунок 7 – Моделювання перегляду поєднаного текстового зображення з лінійним растром з далекої відстані

Для повторного відтворення такого зображення необхідне обладнання з не меншою, ніж в оригіналі, роздільною здатністю. Це потребує в потенційних зловмисників фінансових та ресурсних вкладень. Як свідчить практика, такий прагматичний підхід часто виявляється доречним, зловмисники відмовляються від своїх незаконних намірів – можливо, в бік менш захищених виробів.

### **Елементи захисту з додатковим шаблоном**

В реальних захищених поліграфічних виробках зустрічаються приховані зображення, що виявляються візуалізацією. Це є спеціальний вид прихованих зображень, створених графічними методами, тобто на стадії до друкарської підготовки. Для їхнього виявлення необхідний додатковий спеціальний засіб, так званий контрольний шаблон (візуальний фільтр). Такий фільтр є, як правило, тестовим зображенням, нанесеним на прозорий носій (плівку).

Наприклад, один з них полягає в тому, що виділена частина нейтрального фону зрушується відносно нього на деяку невелику величину і під час накладання контрольного шаблону на прозорому носіїві на віддрукований відбиток і їх точному поєднанні стають видимими елементи (лінії, точки) зрушеного відносно раніше прихованого зображення. Інший спосіб створення прихованих графічних зображень заснований на використанні спеціального растру. Створене за спеціальним алгоритмом зображення є практично однотонною плашкою, але у разі накладання контрольного шаблону виявляється приховане зображення то в позитивному, то в негативному виконанні (рис. 8).

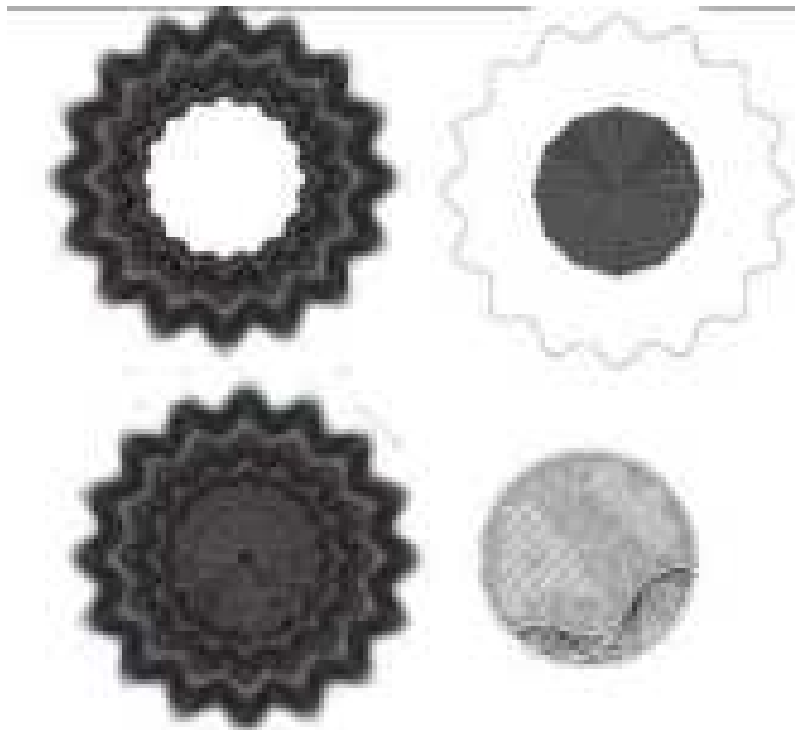


Рисунок 8 – Приклад прихованого зображення з контрольним шаблоном

Для перевірки автентичності друку робиться певний фон (растрова структура), у якому закладено зображення чи кілька зображень (рис. 9).



Рисунок 9 – Приклад рекламної інструкції щодо застосування контрольного шаблону

Для досягнення цього ефекту виріб виготовляється з високою роздільною здатністю (більше 1500 dpi). Цього складно досягти без високотехнологічного обладнання, якого часто не мають фальсифікатори. Окрім цього використовується спеціальний контрольний шаблон. Якщо накласти цей шаблон на відбиток, проступає одне або кілька прихованих зображень. Неосвічений спостерігач не виявить ні факту наявності прихованого зображення, ні його розташування, ні його зовнішнього вигляду. Мінусом цього захисту є той факт, що він може бути перевірений лише шаблонами, які треба зберігати окремо від зображень.

### **Моделювання анімованого багат шарового зображення з лінійчатим растром**

Більш складним є створення багат шарового зображення з лінійчатим растром, завдяки якому можливо відтворення ефекту анімації. В цьому випадку використовуються кілька шарів зображення, які відображають фази руху певного об'єкта.

Наприклад, за основу взятий силует киці, яка біжить. З рисунка 10 видно накопичення фаз руху через окремі шари зображення Photoshop.

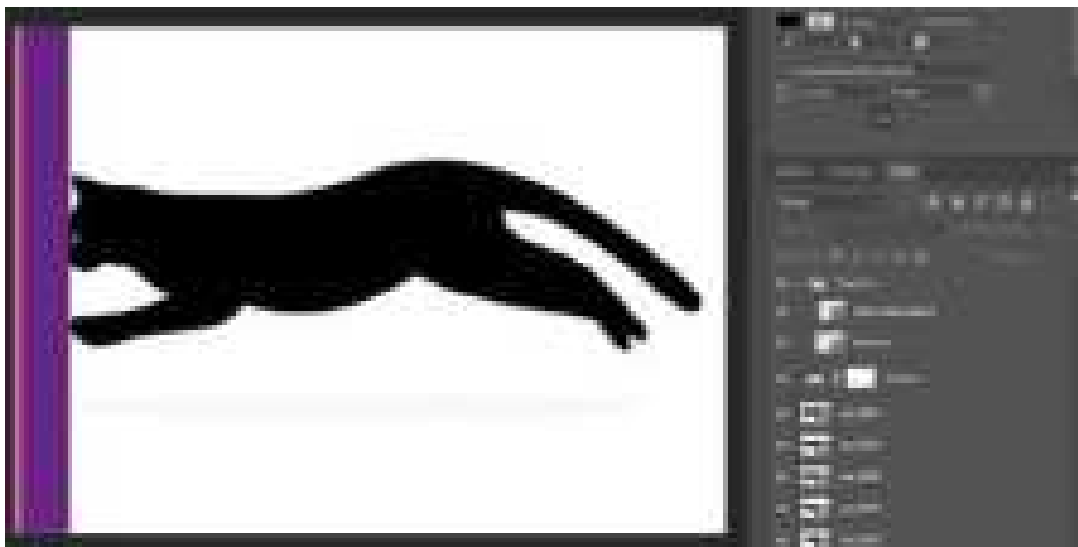


Рисунок 10 – Створення багат шарового зображення з фазами руху

Далі на ці часткові зображення накладається растровий фільтр (на рисунку він фіолетового кольору), в якому співвідношення прозорих ділянок до заповнених відповідає кількості відтворюваних фаз руху. У прикладі закладено 8 фаз руху (відповідно шарів у фото шопі), тому ширина смуг складається як 1:8 (5 пікселів прозорої частини та 25 пікселів непрозорої) – рис. 11.

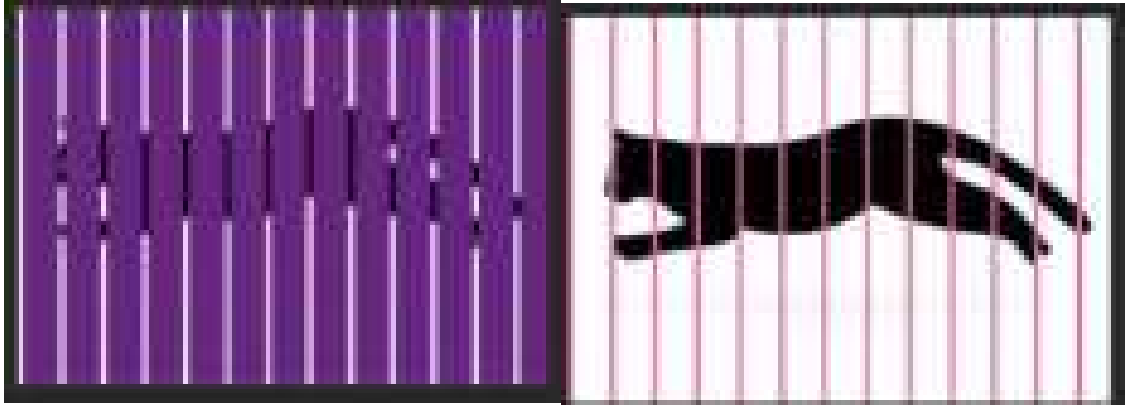


Рисунок 11 – Створення растрового фільтру для багатошарового зображення

В наведеному прикладі студент застосував маскування, відповідно приєднував шар з фільтром до шарів з фазами руху як маску Photoshop (рис. 12).

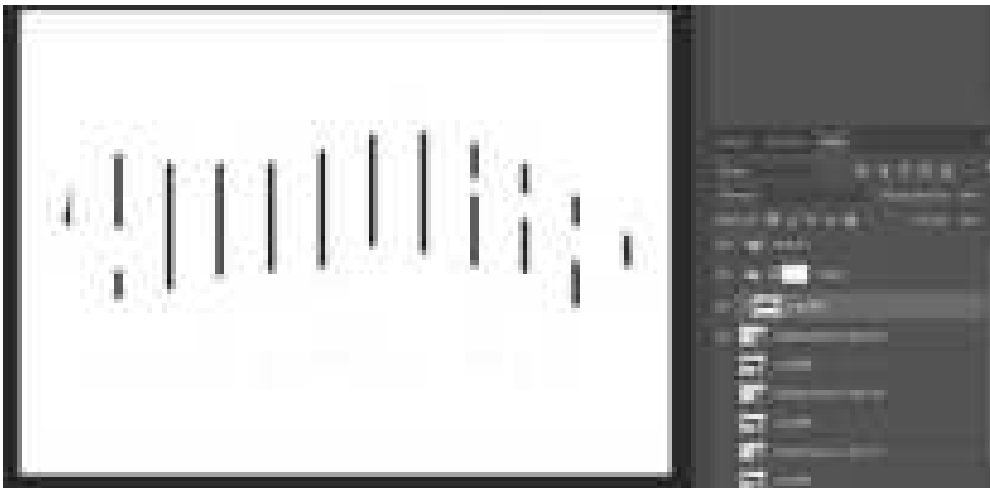


Рисунок 12 – Комбінація однієї фази руху з растровим фільтром

Після зведення всіх шарів в єдине зображення, можемо отримати складний для розпізнавання людським оком вигляд (рис. 13).

Якщо накласти на зведене зображення чорно-білий частково прозорий фільтр (його можна надрукувати на плівці), то через тонкі прозорі смуги будуть виглядати лише частини зображення однієї фази руху. Зсув растрового фільтру в сторону відкриє частину зображення з іншою фазою руху. Таким чином можливо відтворення анімації зображення через перегляд послідовних фаз руху по одній в певний момент часу (рис. 14). Такий спосіб створення ілюстрацій широко застосовується, наприклад, в дитячій літературі, хоча потребує додаткової роботи з кожною окремою сторінкою (додавання рухомого растрового фільтру, створення тришарової цупкої сторінки книги тощо).



Рисунок 13 – Комбінація всіх фаз руху в єдине зображення

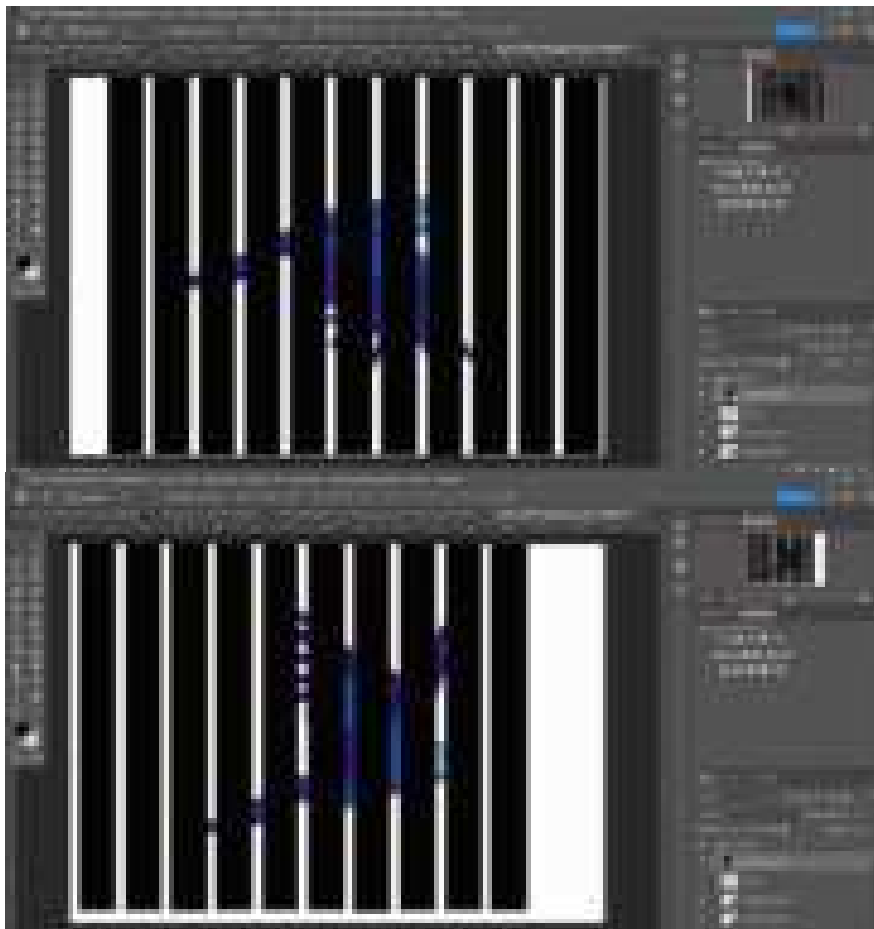


Рисунок 14 – Перегляд окремих фаз руху через растровий фільтр

Іншим способом перевірки дієвості комбінування лінійного растру з багат шаровим зображенням є створення gif-анімації з окремих шарів, що є нескладною операцією в Phtoshop. Отримані анімовані gif-зображення можна використовувати для оздоблення електронних видань (електронні книги, сайти, мобільні за стосунки тощо).

Такий спосіб опрацювання зображень, звісно, не є точним відтворенням растрової графічної пастки, описаної раніше. Проте принцип дії є той самий, тобто студенти в лабораторних умовах можуть надбати практичного досвіду.

## Мікротекст

У захищених документах широко застосовується мікротекст або навіть мікрозображення, які служать фоном, утворюють візерунки та зображення, посилює захист голограм, захисних ниток та ін. текст висотою букв до 400 мкм (0,4 мм, тобто 1 пт та менше), зазвичай набраний без пробілів, що візуально виглядає як безперервна лінія, проте чудово читаються за допомогою лупи або мікроскопа. Цей спосіб захисту документів реалізується шляхом металографського або офсетного друку високої роздільної здатності. Для набору мікротексту обирається відповідна гарнітура шрифту, щоб символи такого малого розміру відтворювалися поліграфічними методами чітко, без залипання фарби між штрихами. Іноді для цього виробники розробляють власні гарнітури шрифтів, що відповідають особливостям друку конкретного поліграфічного підприємства. Крім того, унікальна гарнітура шрифту сама по собі є захисною ознакою.

Мікротексти можуть бути позитивними (темні знаки, світлий фон) та негативними або виворітними (світлі знаки, темне тло). Дуже поширене використання мікротексту зі змінною товщиною штрихів або висотою знаків, що формує певні візуальні образи. Мікротекст також може бути надрукований або відтиснений на металізованій або голографічній фользі і повинен обов'язково бути присутнім на всіх цінних та напівцінних паперах.

Мікротексти на фальсифікованих документах відображаються з різним ступенем точності. У більшості випадків, якщо йдеться про копіювальні технології (репрографії) або нескладні поліграфічні процеси, мікротексти відтворюються зі значними спотвореннями, що дозволяє візуально відрізнити оригінал від фальсифікації. Справа в тому, що сучасні пристрої цифрового друку (струменеві або лазерні принтери) мають робочу роздільну здатність в 600 dpi (максимум 1200 dpi) та можуть якісно відтворювати шрифт розміром 4 пт (діамант або напівпетіт) та вище, тобто від 1,5 мм заввишки.

Використання мікротексту на грошових купюрах дуже поширено. Так, майже всім відомі способи використання мікротексту на американських доларах шляхом заповнення дрібними цифрами великих цифр номіналу. Або у вигляді графічної деталі гравійованих портретів на комірці камзола Бенджаміна Франкліна та комірці сорочки генерала і президента Улісса Гранта (серія 1996 року) – рис. 15.

В нових зразках американських доларів застосування цього елемента тільки поширилося: мікротекст друкується ще й на металевій смужці, та у різних кольорах (рис. 16).

Широко розповсюджений мікротекст на гривневих купюрах (рис. 17), де він поєднаний з іншими захисними технологіями (орловський друк, безфарбне тиснення, частина штрихової пастки та інше).

Мікротекст часто є частиною сюжету дизайну для захищеного документа. Він може виглядати як тонкі лінії в портретах, номіналах, служити фоном, утворювати візерунки і тому подібне. Найкращим способом друку для якісного відтворення мікротексту є металографічний друк з його унікальною здатністю відтворювати дрібні деталі.



Спочатку мікротекст відтворювався тільки металографічним способом, лише з вдосконаленням офсетного друку вже цей спосіб став застосовуватися для друку мікротексту.



Рисунок 15 – Застосування мікротексту на доларах США серії 1996 року



Рисунок 16 – Застосування мікротексту на доларах США серії NextGen



Рисунок 17 – Застосування мікротексту на гривнях України

### Моделювання ефекту мікротексту

В умовах лабораторних занять можлива перевірка працездатності мікротексту як захисного елементу тільки з застосуванням цифрових друкарських приладів, що само по собі накладає обмеження в розмірі тексту.

Цікавим є варіант друку шрифту розміру 4 пт за допомогою принтера роздільною здатністю 1200 dpi та порівняння з тим самим відбитком, але виконаному на струменевому принтері. Зазвичай струменевий принтер не відтворює літери такого розміру.

Таким чином, елемент мікротексту є дуже поширений як захисний елемент поліграфічних виробів, особливо в тих умовах, коли для фальсифікації можливе застосування цифрової техніки.

Окрім захисту друкованих виробів (етикетки, пакування, сувенірні купюри тощо) мікротекст застосовується також для забезпечення захисту авторських прав. Такий елемент може бути використаний як додатковий аргумент на користь авторства зображення, розміщеного в інтернеті. Зловмисник-плагіатор, який намагається видати авторське зображення за своє, не здогадується про наявність такого елемента на зображенні.

В студентських лабораторних завданнях часто зустрічається застосування мікротексту, прихованого під елементи зображення. Так на рис. 18 мікротекст замасковано під розмітку шосе (поворот тексту) або під край гори (друк тексту по кривій лінії спрямування). В навчальних цілях текст виконано контрастним, для більш зручної демонстрації викладачу.



Рисунок 18 – Застосування мікротексту як прихованого елемента в роботах студентів

Також у звітах студенти розміщують зображення зі збільшеним зображенням ділянки з мікротекстом (імітація ефекту лупи). Така демонстрація є достатньою для оцінювання (рис. 19).



Рисунок 19 – Пояснювальне зображення щодо застосування мікротексту

## Моделювання ефекту спотвореного тексту

Елементи такого типу не так часто зустрічаються як засіб захисту друкованих виробів. Найчастіше ми бачимо цей спосіб на зовнішній рекламі, де таким чином друкується напис «Самолікування може бути шкідливим для вашого здоров'я». За вимогами МОЗ напис має бути виконаний великими літерами, але з точки зору рекламодавця ця інформація не стосується безпосередньо рекламованого продукту, тому часто дизайнери роблять це текст стисненим (condensed). З цих прикладів ми бачимо, що зчитуваність такого напису є ускладненою, хоча ефект спотворення літер (стиснення) застосований в невеликій мірі (рис. 20).

Легко уявити, що якщо цей ефект посилити, тобто стиснути горизонтально (розтягнути вертикально) текст ще більше, в 3-4 рази, то прочитати його, переглядаючи зображення під кутом близько 90 градусів, практично неможливо.



Рисунок 20 – Приклад стисненого тексту на рекламному зображенні

Водночас достатньо відомий прийом, якого навчають школярів на уроках трудового навчання, що полегшує, наприклад, зчитування результатів вимірювання штангенциркулем (рис. 21). Для цього рекомендується нахилити штангенциркуль від себе, щоб напрям погляду проходив під кутом до поверхні шкали вимірювання. Властивість людського зору така, що вертикальні риси залишаються роздільними, тоді як горизонтальні відстані спотворюються за законом перспективи.



Рисунок 21 – Приклад зчитування результатів вимірювання штангенциркулем

Таким чином звичайний текст, якого за допомогою засобів Photoshop було спотворено (витагнуто в висоту), стає майже не зчитуваним під час перегляду під прямим кутом або близьким до цього (рис. 22).



Рисунок 22 – Зображення з похідним (неспотвореним) текстом

Такий текст може бути замаскований під елементи зображення. У прикладі на рис. 23 це можуть бути витягнуті частини зображення – розмітка дороги, бруси огорожі, стовли дерев. За вимогами навчального завдання напис необхідно

залишити контрастним, для швидкої та зручної перевірки – саме це можна побачити на рис. 23. Проте студенти в процесі роботи встановлюють також інші кольори та заливки, які значно більше приховують цей текстовий елемент.



Рисунок 23 – Приклад спотвореного тексту, замаскованого під елемент зображення

Якщо переглянути роздрукований елемент під гострим кутом проти світла (рис. 24), то за рахунок викривлення перспективи у сприйнятті зображення людським оком пропорції тексту змінюються. Він видається менш витягнутим й стає легко зчитуваним для людини.

Цей ефект легко може бути роздрукований на обладнанні цифрового друку (принтері), невисока роздільна здатність принтера не впливає на дієвість ефекту. Як показала практика, приклади застосування цього ефекту викликають ентузіазм в студентів щодо вивчення та застосування описаних захисних елементів.



Рисунок 24 – Перегляд спотвореного тексту під гострим кутом

### Результати досліджень

Описані ефекти захисту друкованих видань від фальсифікації розглядаються на теоретичному рівні протягом лекції з навчальної дисципліни «Захист інформації в поліграфії» кафедри МСТ ХНУРЕ. Моделювання цих ефектів засобами графічних редакторів (зокрема, Photoshop) та дослідження

принципів дії розглянутих елементів за допомогою друку на цифровому обладнанні покладені в основу лабораторних занять, які мають підкріпити та закріпити отримані теоретичні відомості та сприяють формуванню практичних навичок майбутніх спеціалістів.

Розглянуті елементи можуть бути окремою часткою лабораторного завдання – як, наприклад, комбінація багатшарового зображення з лінійним растром для відтворення ефекту анімації. Інші елементи студенти застосовують як частину індивідуального творчого завдання щодо розробки захищеного поліграфічного виробу (сувенірної купюри, етикетки або пакування). Часто зустрічається в таких роботах мікротекст та прихований текст.

Як елемент дизайну складного виробу в кваліфікаційних роботах студентів були застосовані згадувані вище комбінації багатшарового зображення з лінійним растром для відтворення ефекту анімації як складова дитячої книжки.

## Висновки

В даному дослідженні розглянуті способи поліграфічного захисту друкованих виробів від фальсифікації за рахунок графічних елементів (растрових та смугових плашок, прихованих зображень тощо) та відповідно способи моделювання розглянутих ефектів в процесі практичних занять з навчальної дисципліни «Захист інформації в поліграфії» кафедри МСТ ХНУРЕ.

Описані методи створення елементів поліграфічного захисту не є державною таємницею, вимагають вдосконаленого обладнання та можуть бути застосовані для захисту етикеток, пакувань, документації від фальсифікацій

Список літератури.

1. Киричок, П.О., Коростіль, Ю.М., & Шевчук, А.В. (2008). Методи захисту цінних паперів та документів суворого обліку. К.: НТУУ «КПІ».
2. Дурняк, Б.В., Пашкевич, В.З., Сабат, В.І., & Тимченко, О.В. (2011). Інформаційна технологія формування графічних засобів захисту документів. Львів: УАД.
3. Deineko, Z., & et al.. (2021). Color space image as a factor in the choice of its processing technology. Abstracts of I International scientific-practical conference «Problems of modern science and practice» (September 21-24, 2021). Boston, USA, 389-394.
4. Bizyuk, A.V., & Zhernova, P.E. (2016). Raschet obobshhennogo pokazatelya zashhishhyonnogo poligraficheskogo izdeliya dlya informacziionnoj sistemy`. Bionika intellekta, 1(86), 63-67.
5. Zhernova, P.E., & Bizyuk, A.V. (2013). Optimizacziya vy`bora poligraficheskoy zashhity` dlya upakovochno-è`tiketochnoj produkczii. Informacziionny`e sistemy` i tekhnologii: materialy` 2-j Mezhdunarod. nauch.-tekhn. konf. (16-22 sentyabrya 2013 g., Evpatoriya-Khar`kov), 142-143.
6. Кардаш, О.В., & Челомбїтько, В.Ф. Didgital-art цінних паперів. Теорія та практика дизайну, (23), 105-114.

УДК 378.14 : 655.4

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СФОРМОВАНИХ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ВИДАВНИЧА СПРАВА ТА ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ»

**Андрющенко Т.Ю.**

ст. викладач, кафедра комп'ютерних систем і технологій  
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця

***Анотація.** В даному дослідженні розглянуто методика оцінювання ефективності професійних компетентностей здобувачів вищої освіти на прикладі освітньо-професійної програми «Технологія електронних мультимедійних видань» спеціальності 186 Видавництво та поліграфія. Було визначено та обґрунтовано критерії та показники результативності професійних компетентностей та запропоновано розглядати критерії та показники з урахуванням сучасних вимог видавничо-поліграфічної галузі.*

***Ключові слова.** ПРОФЕСІЙНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ, МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ, РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ.*

### **Вступ**

В умовах сьогодення, впливу зовнішнього середовища діяльність видавництва потребує вміння фахівців адаптуватися та приймати науково обґрунтовані рішення щодо організаційної, творчо-технічної, виробничо-господарської та промоційної діяльності. Це робиться за допомогою глибокої фахової підготовки майбутніх спеціалістів, яка враховує всі аспекти сучасної видавничої справи та дозволяє досягати цілей найбільш ефективно.

Тематика даного дослідження має актуальність у сучасному освітньому контексті з кількох причин:

– професійні компетентності: У сучасному світі змінюються вимоги до професійних навичок та знань. Методика визначення сформованих професійних компетентностей вищої освіти дозволяє оцінити, наскільки студенти мають необхідні навички і знання для успішного виконання завдань у сфері видавничої справи та технічного редагування;

– якість освіти: Визначення сформованих професійних компетентностей є важливим аспектом забезпечення якості вищої освіти. Це допомагає установам освіти оцінити ефективність навчального процесу та виявити можливі області для вдосконалення;

– стандартизація: Розробка методики визначення сформованих професійних компетентностей в рамках конкретної навчальної дисципліни допомагає встановити стандарти для оцінювання студентів. Це робить процес оцінювання більш об'єктивним та послідовним;



– підвищення конкурентоспроможності: Визначення сформованих професійних компетентностей є важливим інструментом для студентів, які бажають підвищити свою конкурентоспроможність на ринку праці. Це дає їм можливість продемонструвати свої навички та знання роботодавцям.

Здобувачі вищої освіти повинні не тільки опанувати фахові навчальні дисципліни, але й розвивати фахові компетенції, бути відкритими до нових знань та мобільними, оскільки сучасний темп життя та розвиток технологій вимагають швидкого орієнтування в специфічних питаннях. Навчальна дисципліна «Видавнича справа і технічне редагування» є обов'язковою навчальною дисципліною та вивчається згідно з навчальним планом підготовки фахівців освітнього рівня перший (бакалаврський), спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» для всіх форм навчання.

В умовах сучасного стану, коли увесь освітній процес України вимушено перейшов на дистанційну освіту нагальною постає питання оцінки ефективності сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти.

Оцінку ефективності сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти будемо розглядати на прикладі освітньо-професійної програми «Технологія електронних мультимедійних видань». Необхідно визначити та обґрунтувати критерії та показники результативності професійних компетентностей; розглянути критеріїв та показники з урахуванням сучасних вимог видавничо-поліграфічної галузі.

### **Аналіз останніх досліджень**

Теоретичним обґрунтуванням оцінювання якості професійної компетентності займалися, як провідні вітчизняні так і закордонні науковці. Дослідження в сфері оцінювання якості професійної компетентності повинні мати наукове обґрунтування та розкривати сучасні підходи в дослідженні з цієї проблеми. Українські та закордонні вчені переймалися дослідженнями проблеми ефективності сформованості професійних компетентностей здобувачів освіти Є. Березняк, В. Бондар, Л. Ващенко, М. Гриньова, Г. Дмитренко, Г. Єльнікова, І. Зязюн, Л. Калініна, В. Кремень, Т. Лукіна, В. Маслов, С. Мартиненко, Г. Сухович, В. Пікельна [1; 2; 4; 6; 10; 13; 14]. Розробкам методики оцінювання, дослідження методів і технологій оцінювання компетенцій отриманих в закладах вищої освіти, визначення рівнів компетентності присвячено роботи Берестневої О., Марухіної О., Сібікіної І. та інших науковців.

### **Мета та задачі дослідження**

Мета дослідження – розглянути та оцінити ефективність показників рівня сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти освітньо-професійної програми «Технологія електронних мультимедійних видань» та оцінювання їх якості.

Завдання дослідження – визначити та обґрунтувати критерії та показники результативності професійних компетентностей; розглянути критеріїв та показники з урахуванням сучасних вимог.

Завдання дослідження можуть включати:

- аналіз дисципліни: Вивчення навчальної програми та змісту дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування» для з'ясування ключових компетентностей, які студенти повинні засвоїти;

- визначення компетентностей: Ідентифікація конкретних професійних компетентностей, які є важливими для успішного виконання завдань у сфері видавничої справи та технічного редагування;

- розробка оціночних інструментів: Створення оціночних інструментів, таких як тестові завдання, практичні завдання або проекти, що дозволяють здійснити оцінювання сформованих компетентностей студентів;

- визначення критеріїв оцінювання: Установлення ясних критеріїв оцінювання для кожної компетентності, які дозволяють об'єктивно оцінювати рівень досягнення студентами відповідних компетентностей;

- проведення дослідження: Застосування розробленої методики для оцінювання компетентностей студентів у реальному навчальному контексті та збір необхідних даних;

- аналіз результатів: Оцінка отриманих результатів та їх інтерпретація з метою з'ясування рівня сформованості професійних компетентностей студентів у галузі видавничої справи та технічного редагування. Визначення сильних та слабких сторін студентів допоможе виявити області, які потребують подальшого вдосконалення;

- вдосконалення навчального процесу: Враховуючи результати оцінювання, розробка рекомендацій щодо вдосконалення навчальної програми, методики викладання та організації практичних занять. Це дозволить покращити якість навчання та підготовку студентів до професійної діяльності в галузі видавничої справи та технічного редагування;

- перевірка ефективності методики: Оцінка ефективності розробленої методики визначення сформованих професійних компетентностей шляхом порівняння результатів оцінювання з іншими оціночними інструментами або стандартами професійної атестації. Це дозволить переконатися у достовірності та використовуваності методики для оцінювання компетентностей студентів.

## **Основна частина**

### **1 Визначення ключових компетентностей**

Компетентність фахівця варто розглядати як його особистісну характеристику (особистісний капітал), цілісне, інтегративне, багаторівневе, особистісне новоутворення, що є результатом здобуття кваліфікацій у процесі неперервної освіти, рівень якої підтверджується сукупністю сформованих у

фахівця компетенцій, які визначають успішність виконання різних видів професійної діяльності, здатність до самореалізації, саморозвитку та самовдосконалення впродовж життя та сприяють соціалізації особистості, формуванню у неї світоглядних та науково-професійних поглядів, творчості та майстерності. Особі із сформованою компетентністю властиві ціннісні орієнтації, вона усвідомлює своє місце в суспільстві, розуміє навколишній світ. Їй притаманні загальна та професійна культура, набутий досвід взаємодії з іншими людьми [18].

Для дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування» ключові професійні компетентності можуть бути визначені наступним чином:

- редакційна компетентність: Здатність аналізувати та оцінювати текстовий матеріал з метою виправлення орфографічних, граматичних та стилістичних помилок, а також забезпечення чіткості та логічності викладу. Включає володіння правилами мови, вміння редагувати текст, адаптувати його до вимог та потреб аудиторії;

- видавнича компетентність: Здатність планувати та керувати видавничим процесом, включаючи вибір та розробку контенту, дизайн, верстку, друку та дистрибуцію видання. Включає вміння працювати з видавничими програмами, розуміння ринкових тенденцій та вимог цільової аудиторії;

- проектний менеджмент: Здатність планувати, організовувати та керувати проектами в галузі видавничої справи. Включає навички управління ресурсами, розподіл завдань, контроль за виконанням термінів та досягненням поставлених цілей;

- комунікаційна компетентність: Здатність ефективно комунікувати з авторами, редакторами, дизайнерами, друкарями та іншими учасниками видавничого процесу. Включає вміння слухати, висловлювати свої думки чітко та переконливо, співпрацювати в команді та вирішувати конфліктні ситуації;

- технологічна компетентність: Здатність використовувати сучасні технології та програмні засоби для редагування, верстки;

- маркетингова компетентність: Здатність розуміти ринкові потреби та тенденції, виконувати аналіз цільової аудиторії, розробляти стратегії маркетингу та просування видань. Включає вміння проводити маркетингові дослідження, розробляти привабливі обкладинки та рекламні матеріали;

- креативність та інноваційність: Здатність генерувати нові ідеї, розробляти нетрадиційні рішення та впроваджувати інновації в процес видавничої діяльності. Включає творчість, аналітичність та здатність до постійного вдосконалення;

- управління якістю: Здатність забезпечувати високу якість видавничих продуктів, включаючи контроль якості тексту, дизайну, друку та забезпечення виконання стандартів та вимог. Включає вміння працювати зі стандартами якості, процедурами контролю та підвищення якості;

- міжособистісні навички: Здатність ефективно взаємодіяти з колегами, клієнтами та іншими учасниками видавничого процесу. Включає навички

комунікації, співробітництва, лідерства, врівноваженості і вміння працювати в різноманітних групових ситуаціях.

Ці ключові компетентності є важливими для здобувачів вищої освіти з дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування» і сприяють їх успішному впровадженню в професійну діяльність у галузі видавничої справи.

## **2 Електронне (e-learning) та дистанційна форма навчання**

Електронне навчання, також відоме як e-learning, є формою навчання, в якій використовуються електронні засоби і технології для передачі знань та навичок. Воно включає в себе використання комп'ютерів, Інтернету, цифрових матеріалів, мультимедіа ресурсів, веб-платформ та інших інтерактивних засобів для забезпечення навчального процесу.

Електронне навчання (e-learning) – перспективний вид навчання, який забезпечує оперативний доступ до ресурсів і послуг, обмін ними та продуктивну спільну роботу учасників освітнього процесу. Воно активно використовується багатьма компаніями й освітніми установами, дозволяє підвищувати ефективність і економити час навчання; орієнтує викладачів і дослідників на впровадження інноваційних методів, технологій, інструментів розроблення та використання e-learning-рішень. Саме тому відбувається застосування електронного навчання. На нього сьогодні орієнтуються всі передові освітні системи світу [15].

Основною метою електронного навчання є забезпечення доступу до освіти та навчання в будь-який час та в будь-якому місці, незалежно від географічного розташування. Воно дає можливість студентам самостійно організовувати свій навчальний процес, працювати з матеріалами власним темпом та у зручний для них час. Електронне навчання може включати різноманітні формати інтерактивних матеріалів, таких як відеолекції, аудіозаписи, інтерактивні завдання, онлайн-тести та дискусійні форуми. Використання мультимедійних засобів дозволяє більш ефективно передавати інформацію та створювати цікаве та змістовне навчальне середовище.

Переваги електронного навчання включають гнучкість у навчанні, можливість навчання на відстані, доступ до широкого спектру навчальних ресурсів та можливість інтерактивної комунікації з викладачами та співстудентами. Крім того, e-learning сприяє розвитку навичок самостійної роботи, саморегуляції та використання сучасних технологій.

Існує багато визначень терміну «e-learning», серед яких найбільш поширені наступні:

- e-learning включає доставку навчального контенту через Інтернет, аудіо- та відеозапис, супутникове мовлення, інтерактивне ТБ та CD-ROM [2];
- e-learning-навчання, побудоване з використанням інформаційних і телекомунікаційних технологій. Охоплює весь спектр дій, починаючи від підтримки процесу навчання – до доставки навчального контенту слухачам [16].

Семеріков С. О. у своїй роботі [17] наголошує на елементах системи e-learning, які спільні з дистанційним навчанням:

- змістові об'єкти: навчальний матеріал поділений на модулі, що містять об'єкти різної природи – текст, графіку, зображення, аудіо, анімацію, відео тощо. Як правило, вони зберігаються в базі даних і доступні залежно від потреб суб'єктів навчання. Результатом є індивідуалізація навчання – студенти отримують лише те, що їм потрібно, засвоюючи знання у бажаному темпі;

- спільноти: студенти можуть створювати Інтернет-спільноти для взаємодопомоги й обміну повідомленнями;

- експертна онлайн-допомога: викладачі або експерти (інструктори з курсу) доступні в мережі для проведення консультацій, відповіді на запитання, організації обговорення;

- можливості для співпраці: за допомогою відповідного програмного забезпечення можна організувати онлайн-конференції, спільну роботу над проектом студентів, географічно віддалених один від одного;

- мультимедіа: сучасні аудіо- та відеотехнології подання навчальних матеріалів з метою стимулювання прагнення студентів до набуття знань і підвищення ефективності навчання.

Переваги e-learning-навчання згідно [1]:

- персоніфікація. Слухач навчання, що проводиться з використанням технологій електронного навчання, може самостійно визначити: швидкість вивчення навчального матеріалу; коли він хоче проходити навчання; які саме розділи навчального матеріалу та в якій послідовності йому необхідно вивчити;

- можливість проходження навчання без відриву від виробництва;

- можливість комбінування навчального контенту для формування різноманітних навчальних програм, адаптованих під конкретного учня;

- можливість отримати набагато більше інформації, необхідної для оцінки знань, навичок і умінь, отриманих у результаті проведеного навчання, (у тому числі: час витрачається на теми, кількість спроб, запитання або завдання, які викликали найбільші труднощі тощо). Наявність такої інформації дозволяє гнучкіше управляти навчанням;

- вартість. Незважаючи на необхідність високих початкових інвестицій, навчання, яке проводиться з використанням технологій електронного навчання, виявляється значно дешевшим порівняно з традиційним очним навчанням;

- використання широкого діапазону різноманітних засобів навчання. Усі вони можуть бути використані й для проведення традиційного очного навчання (чого, однак, не відбувається), а електронне навчання вимагає обов'язкового їх використання. У результаті навчання, яке проводиться з використанням технологій електронного навчання, є більш ефективним у порівнянні з традиційним очним навчанням;

- можливість його використання для проведення навчання осіб, які мають обмежені можливості;

– надання доступу до якісного навчання особам, які не мають можливості навчатися за традиційною очною формою: наприклад, якщо в місці їх проживання немає якісного навчального закладу.

Недоліки e-learning-навчання згідно [1]:

– складність внесення оперативних змін у випадку, якщо навчання вже почалося;

– необхідність формування додаткової мотивації у слухачів навчання, що проводиться з використанням технологій електронного навчання, на перевагу до інших форм навчання;

– необхідність високих інвестицій у побудову середовища електронного навчання;

– висока залежність від технічної інфраструктури. Збій в інфраструктурі може призвести до зниження ефективності чи взагалі зриву навчання;

– відсутність достатньої кількості фахівців у сфері технологій електронного навчання.

E-learning-навчання може бути представлено за допомогою методично-дидактичних комплексів дисциплін.

Дистанційне навчання є формою навчання, яка використовує комп'ютерні та телекомунікаційні технології для забезпечення інтерактивної взаємодії між викладачами та студентами на різних етапах навчання, а також для самостійної роботи з матеріалами інформаційної мережі.

Методично-дидактичні комплекси є формою навчання, що базується на використанні комп'ютерних та телекомунікаційних технологій для забезпечення інтерактивної взаємодії між викладачами та студентами на різних етапах навчання, а також для самостійної роботи з матеріалами інформаційної мережі.

Методично-дидактичні комплекси використовують такі основні елементи, як середовища передавання інформації (пошта, телебачення, радіо, інформаційні комунікаційні мережі) та методи, які залежать від технічного середовища обміну інформацією. Ці комплекси надають студентам можливість цілодобового доступу до навчальних матеріалів, постійну підтримку та консультації викладачів та методистів, онлайн-відеолекції, віртуальні тренажери та інші технологічні рішення для забезпечення ефективного навчального процесу.

Спеціальне навчальне середовище, у вигляді персональних навчальних систем дозволяє студентам навчатися дистанційно, та мати доступ до лекції, різноманітних завдань, лабораторних робіт, практичних занять ті різних видів тестових завдань.

Персональні навчальні системи повинен бути спроектований з урахуванням можливостей користувачів, щоб вони могли зрозуміти, як взаємодіяти зі сторінками та елементами сайту. Важливо, щоб комплекс був цілісним та мав єдині принципи побудови сторінок та навігації. Перехід між сторінками повинен бути зручним та пов'язаним з основним меню, а користувачам має бути надана можливість переходу між сторінками без

повернення до головного меню. Для зручного читання тексту на екрані необхідно використовувати правильну колірну гаму, яка має контрастність між текстом та фоном сторінки. Деякі рекомендовані колірні схеми для комфортного читання тексту на екрані включають сірий фон, чорний текст, блакитні та темно-червоні посилання. Текст повинен бути виділений на сторінці та читатися зручно на екрані.

Підготовка, налаштування, ведення та наповнення спеціального навчального середовища потребує спеціальної підготовки викладача. Відповідні компетентності можна отримати шляхом закінчення відповідних курсів, підвищення кваліфікації, або самостійно вивчивши необхідний контент. Інколи цього не достатньо, бо постає питання саме комунікації студента та викладача, налаштування системи навчання під конкретного студента (людина з обмеженою можливістю), комунікація між викладачем та людиною з обмеженою можливістю потребує спеціальних знань та навичок. Такими спеціальними знаннями може володіти спеціально навчена людина, тьютор-викладач(ка). Тьютор-викладач(ка), від англ. tutor – наставник – викладач(ка), викладач(ка) – наставник, персональний наставник, має змогу допомагати в опануванні складних тем, в подоланні труднощів комунікації з іншими викладачами закладу вищої освіти та багато іншого.

Персональна навчальна система виконує наступні функції: інформаційно-навчальну (забезпечує необхідну навчальну інформацію), комунікаційну (навчання відбувається в діалозі між учасниками навчального процесу) та контрольно-адміністративну (проводяться комплексні заходи для контролю рівня знань та адміністрування). Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» освітнього рівня перший (бакалаврський), спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» для всіх форм навчання є представником електронного або дистанційного навчання.

Анотація навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» освітнього рівня перший (бакалаврський), спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» для всіх форм навчання представлено на рисунку 1.

Дидактична функція оточення забезпечується за допомогою інтерактивності, що дозволяє передавати інформацію в обидва напрямки швидко. Інтерактивність дозволяє розв'язувати різні дидактичні завдання, такі як диференціювання навчання, активізацію навчальної діяльності, використання інформаційних ресурсів мережі та підвищення якості самостійної роботи студентів, наприклад за допомогою презентаційних матеріалів, глосаріїв та Wiki.

Важливим фактором впливу на формування фахових компетенцій є інтерактивні методи навчання, завдяки яким можна досягти мети навчання, створивши ефективну взаємодію між суб'єктами освітнього процесу та забезпечивши відчуття інтелектуальної спроможності й успішності для кожного студента. Класифікація активних методів навчання за характером навчально-пізнавальної діяльності виокремлює імітаційні методи (ігрові та неігрові) та неімітаційні (проблемна лекція, програмоване навчання,

стажування на робочому місці), які в освітньому процесі використовують для аналізу виробничих ситуацій та формування професійних компетентностей [12].

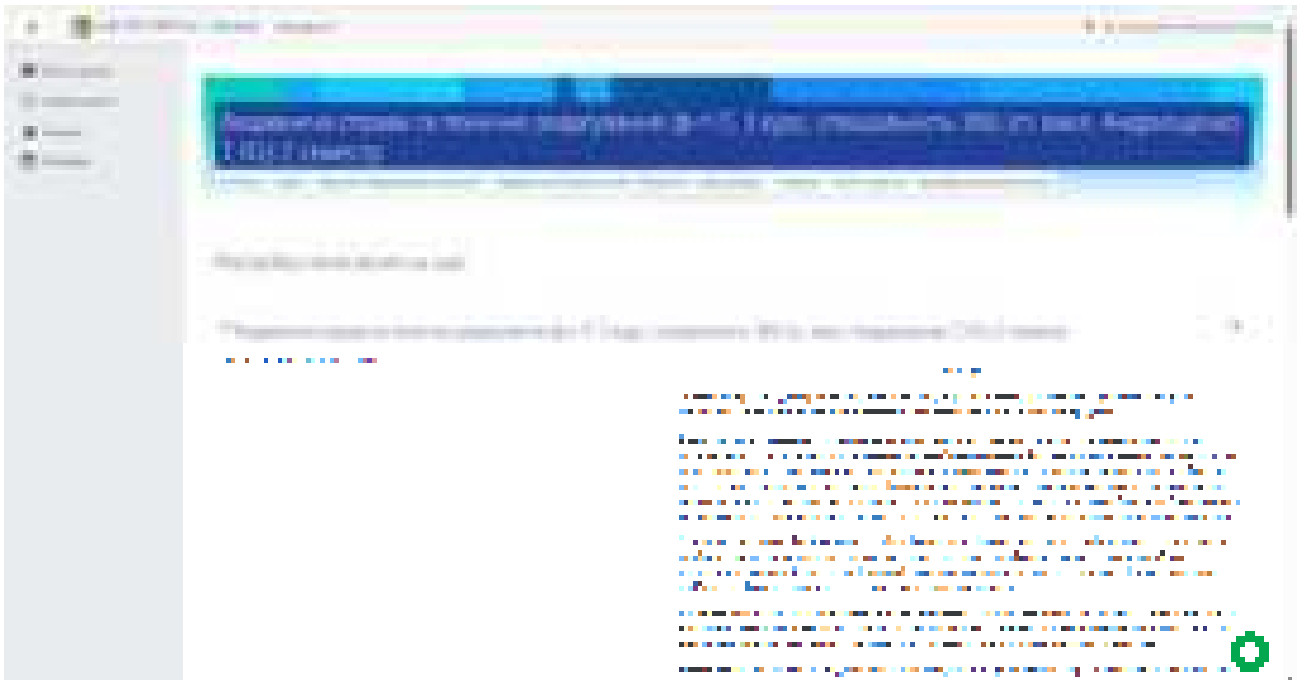


Рисунок 1 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ Анотація

Активний метод навчання з навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» представлено за допомогою проблемної лекції, яка спрямована на створення проблемної ситуації, щоб студенти активно займалися пошуком та вирішенням проблем. Проблемна лекція формує здатність студентів аналізувати, оцінювати та розв'язувати проблемні завдання, а також розвиває критичне мислення та творчі здібності. Активний метод навчання представлено за допомогою відео-лекцій, як на рисунку 2.



Рисунок 2 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ теми навчання



Структурна частина персональної навчальної системи виконує інформаційну функцію та надає огляд дисциплін та матеріалів для навчання. На рисунку 3 представлена персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ учбово-методичне забезпечення.

Педагогічний контроль в персональна навчальна система з навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» виконано у вигляді тестових завдань за кожною навчальною темою. Вид тестових завдань традиційний. Тобто тестове завдання містить список питань і різну кількість відповідей. Кожен тест відкривається в певний час, тобто після вивчення певної теми (тестові завдання пов'язані з тижневим вивченням навчальних тем). На проходження тесту студенту дається місяць. Спроб тестування, студент має дві (кожна спроба обмежена в часі, наприклад 15 хвилин), з певним проміжком часу, це дає йому час на кращу підготовку до наступної спроби. Студент має можливість повторно пройти тестування, якщо його не задовольняє отриманий бал. Кожне питання оцінюється в певну кількість балів, в залежності від кількості правильних відповідей в питанні. Отже, результат тесту залежить від кількості питань, на які було дано правильну відповідь [5].



Рисунок 3 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ учбово-методичне забезпечення

З метою формування професійних компетентностей здобувачів вищої освіти у навчально-методичному забезпеченні дисциплін має бути передбачено наявність достатньої кількості навчально-виробничих завдань для забезпечення формування умінь та навичок виконувати трудові функції в умовах професійної діяльності, а також обов'язкове використання пізнавальних завдань пошукового характеру [6].

Навчально-виробничі завдання навчальної дисципліни представлено на рис. 4.



Рисунок 4 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ Навчально-виробничі завдання

Умови налаштування тестових завдань (час проходження кожного окремого завдання, кількість дозволених спроб, метод оцінювання) та інші налаштування представлено на рисунку 5.



Рисунок 5 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ налаштування контрольної роботи

На рисунку 6 показано налаштування та редагування поточного контролю у вигляді контрольної роботи, а саме спосіб обрання питань та кількість балів.

При побудові інтерфейсу віртуальної освітньої системи необхідно враховувати досягнення теорії дизайну. Основні принципи, які необхідні для правильної побудови будь-якого освітнього середовища, ще принцип теорії живопису, такий як пропорція, порядок, акцент, єдність та рівновага. Принцип пропорції стосується співвідношення між розмірами об'єктів і їхнім розміщенням у просторі.



Рисунок 6 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ поточна контрольна робота

Порядок означає таку організацію об'єктів на екрані дисплея, що враховує рух ока. Виявлено, що око, яке звикло до читання, починає рух звичайно від лівого верхнього кута і рухається назад-вперед по екрану до правого нижнього. Тому початкова крапка сприйняття повинна знаходитися в лівому верхньому куті екрана, а списки для швидкого перегляду повинні бути підігнані до лівого поля і вирівняні вертикально. Для полегшення сприйняття різні класи інформації повинні спеціально кодуватися. Так, зв'язані, але рознесені по екрану дані повинні кодуватися одним кольором [5].

Кожен вид завдання представлено у вигляді тестів, питання обираються випадковим чином з банку питань (рисунок 7).



Рисунок 7 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ Банк питань

Також у професійній підготовці здобувачів вищої освіти ефективним є поєднання комп'ютерних технологій та інтерактивних форм і методів роботи, таких як ділові ігри, ділові кейси, метод проєктів, аналізу і діагностики ситуації, моделювання, проблемно-пошуковий тощо. Разом з тим не слід забувати про перевірку необхідних знань для більш успішного розвитку фахових компетентностей. Такий підхід дозволяє максимально наблизитись до реальних умов професійної діяльності, а також розвивати у студентів творчий підхід до вирішення будь-яких професійних ситуацій та навички взаємодії. Наприклад, під час використання ділових та імітаційних ігор студенти мають можливість не тільки застосовувати та удосконалювати набуті знання, уміння та навички, тобто формувати професійну компетентність, а й комунікувати між собою та викладачем, організувати роботу команди та працювати спільно з іншими над вирішенням поставлених завдань, розвивати логічне та критичне мислення, брати відповідальність за власні рішення [19].

Створення сучасного освітнього середовища, допомагає викладачам ефективніше працювати зі студентами. Взаємодія між викладачем та студентом покращується завдяки своєчасним повідомленням та коментарям. Використання форумів та чатів допомагає прискорити процес обміну такими повідомленнями. Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ Чат представлена на рис. 8.

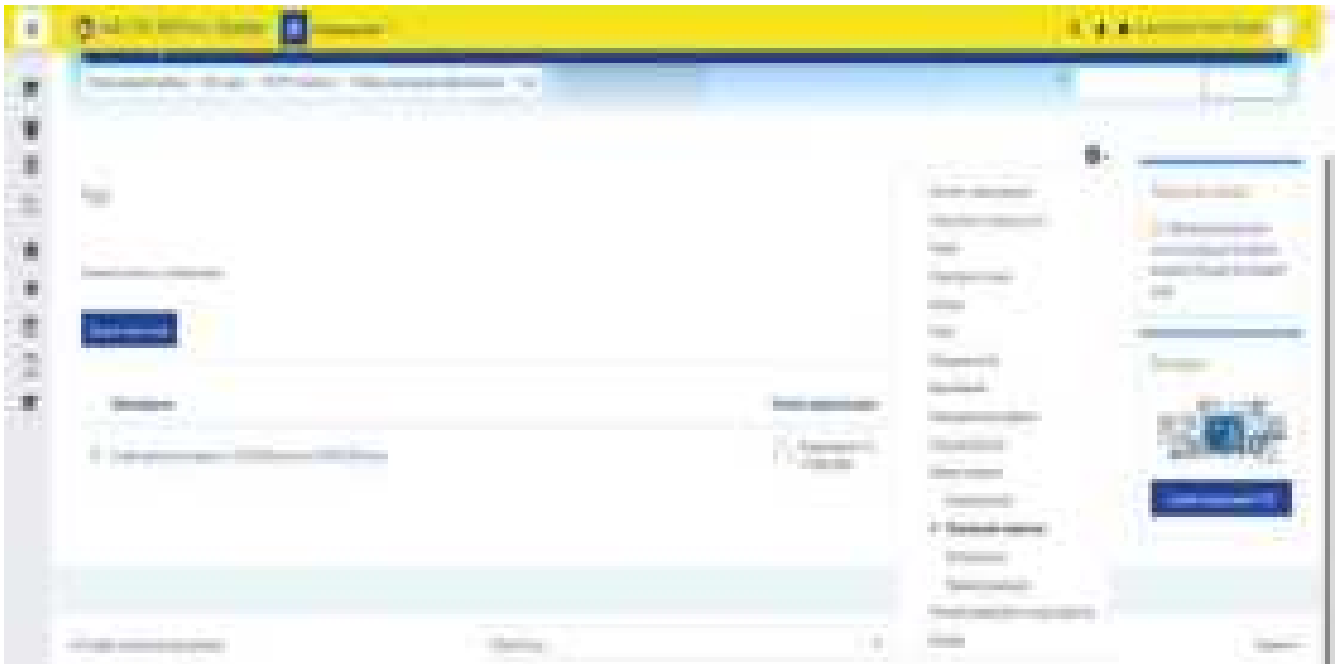


Рисунок 8 – Персональна навчальна система навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» розділ Чат

Навчальної дисципліни «Видавнича справа і технічне редагування» представлена за допомогою персональної навчальної системи, яка має усі необхідні розділи та підрозділи, форми контролю та форми надання необхідної інформації, починаючи від розвитку когнитивної, функціональної та діяльнісної компоненти.

### **3 Оцінювання ефективності показників рівня сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти**

Оцінювання ефективності показників рівня сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти є важливим етапом в навчальному процесі. Це дозволяє визначити досягнення студентами необхідних навичок, знань та умінь, пов'язаних з конкретною професійною дисципліною.

Для ефективного оцінювання компетентностей здобувачів вищої освіти можуть використовуватися різні методи та інструменти. Ось кілька підходів, що можуть бути використані:

- портфолію. Здобувачі можуть створювати портфолію, в якому зберігають свої роботи, завдання, проекти або інші докази своєї роботи. Оцінювання проводиться на основі аналізу зібраного матеріалу, що дає можливість оцінити якість та рівень сформованості компетентностей;

- тестування. Використання тестів, які охоплюють різні аспекти професійних компетентностей, дозволяє оцінити рівень знань та розуміння здобувачів. Тести можуть бути в форматі письмових, усних або онлайн-тестів;

- практичні завдання та проекти. Здобувачі можуть бути залучені до виконання реальних практичних завдань або проектів, що відображають сутність їх професійної діяльності. Оцінювання проводиться на основі якості виконання завдань, творчості та здатності до розв'язання професійних задач;

- спостереження та оцінювання в реальних ситуаціях. Викладачі або спеціалісти можуть спостерігати за роботою здобувачів;

- анкетування та опитування. Застосування анкет або опитувань дозволяє отримати думки та оцінки самого здобувача, колег або викладачів щодо його професійних компетентностей. Це може включати оцінку самооцінки, сприйняття власних знань та навичок, а також оцінку зовнішньої думки професіоналів;

- рефлексія та відгуки. Залучення здобувачів до рефлексії щодо власного навчання та професійного розвитку, а також збирання відгуків від викладачів або менторів може допомогти в оцінці їх рівня сформованості компетентностей. Це дає можливість оцінити здатність до саморефлексії, виявлення сильних сторін та областей для подальшого розвитку.

Важливо зауважити, що оцінювання ефективності показників рівня сформованості професійних компетентностей повинно бути комплексним та здійснюватися за допомогою декількох методів і інструментів. Комбінація різних підходів дозволяє отримати більш повне та об'єктивне уявлення про компетентності здобувачів вищої освіти.

Згідно робочої програми [7] навчальна дисципліна «Видавнича справа і технічне редагування» поєднує організаційну, творчо-технічну, виробничо-господарську та промоційну діяльність, зайняття з розрахунків, створення та виготовленням видавничої продукції. За темами навчальної дисципліни передбачено отримання необхідних компетентностей шляхом вивчення лекційного матеріалу, проведення розрахункових робіт та проектування

окремих елементів видавничої продукції на лабораторних роботах. Лабораторні роботи поєднують творчо-технічну та виробничо-господарську діяльність видавничо-поліграфічної галузі. В ході виконання лабораторних робіт студенти проходять майже усю виробничо-господарську діяльність видавничо-поліграфічної галузь. Починаючи від розрахунків видання, створення ретро-макету видання, створення макету та закінчуючи створенням оригінал-макету видання.

Індивідуальна траєкторія навчання реалізована на основі самостійного вибору студентами як програмних засобів розрахунків та створення видавничої продукції, так і для кожного студента розроблено комплекс завдань з розрахунків видання, створення ретро-макетів видання, створення макетів та оригінал-макету видання.

В роботі [11] зазначено, що теоретичні (інформаційні) знання є підґрунтям для засвоєння процедурних знань, показниками вимірювання когнітивного критерію обрали останні. Зокрема, для виявлення рівня сформованості пізнавального досвіду обрані п'ять показників: знання послідовності інформаційної, комунікативної, організаційної та контролюючої діяльності; знання критеріїв оцінювання навчальних досягнень.

Співставлення компонентів компетентності та критеріїв їх оцінювання є важливим кроком у процесі визначення та оцінки професійних навичок та здібностей здобувачів вищої освіти. Цей підхід дозволяє установити, які конкретні показники та критерії можуть бути використані для оцінки кожної компетентності.

Наведено загальну інформацію про співставлення компонентів компетентності та критеріїв їх оцінювання.

**Компетентність 1: Загальна обізнаність у видавничій справі та технічному редагуванні.**

Критерії оцінювання:

- знання основних принципів видавничої справи та технічного редагування;
- розуміння видавничого процесу та його компонентів;
- вміння застосовувати технічні навички редагування до текстів та ілюстрацій.

**Компетентність 2: Розвиток та реалізація видавничого проекту.**

Критерії оцінювання:

- здатність розробляти стратегії та планувати видавничі проекти;
- вміння керувати видавничими процесами та ресурсами;
- здатність до аналізу та вдосконалення видавничої діяльності.

**Компетентність 3: Редагування та коректура текстів.**

Критерії оцінювання:

- вміння виявляти та виправляти граматичні та стилістичні помилки в текстах;
- знання стандартів редагування та коректури текстів;
- здатність до забезпечення якості та чіткості текстів.

Визначення рівня професійних компетентностей здобувачів вищої освіти потрібно встановити критерії та показники для вимірювання. Кожна компетентність повинна мати відповідний критерій. Пізнавальний досвід може бути представлено когнітивним критерієм, функціональний досвід представлено функціональним критерієм, цілісно-діяльнісний досвід представлено діяльнісним критерієм. На рисунку 9 представлено співставлення компонентів компетентності та критеріїв їх оцінювання.



Рисунок 9 – Співставлення компонентів компетентності та критеріїв їх оцінювання [11]

Когнітивний рівень в навчальному процесі відноситься до рівня мислення та розуміння матеріалу, який вивчається. Він описує здатність студента до розуміння, сприймання та інтерпретації інформації залежно від складності завдання.

Когнітивний рівень може бути охарактеризований шкалою Блума, яка складається з шести рівнів: знання, розуміння, застосування, аналіз, синтез та оцінка. Кожен з цих рівнів відображає різний рівень складності завдань та вимагає від студента різних видів мислення та діяльності.

Знання відображає найнижчий рівень когнітивного процесу і передбачає здатність студента запам'ятовувати та відтворювати інформацію. Розуміння вимагає від студента більшої зосередженості та вміння пояснювати інформацію своїми словами. Застосування включає в себе застосування знань до практичних ситуацій. Аналіз передбачає розуміння структури та складових частин інформації. Синтез відображає здатність створювати нову інформацію на основі вже знаних знань. Оцінка відображає здатність студента до критичного мислення та аналізу, оцінювання різних варіантів рішень та вибору найбільш доцільного.

Функціональний рівень в навчальному процесі відноситься до рівня здатності студента застосовувати свої знання та навички на практиці, у реальних ситуаціях. Це описує, як добре студент може використовувати свої знання для вирішення завдань та проблем, з якими він зустрічається у своїй професійній діяльності.

Функціональний рівень може включати в себе різні типи знань та навичок, такі як професійні знання, технічні навички, міжособистісні вміння тощо. Функціональний рівень може вимірюватися за допомогою різних методів оцінювання, таких як тестування, практичні завдання, проекти, імітаційні вправи тощо. Є важливим елементом професійної підготовки студентів, оскільки він дозволяє їм здійснювати практичну діяльність у своїй обраній галузі, розвивати свої професійні навички та здобувати досвід роботи в реальних ситуаціях.

Діяльнісний рівень в навчальному процесі відноситься до рівня здатності студента до самостійної та творчої роботи в умовах реального життя, застосовуючи свої знання та навички. Це описує, як добре студент може планувати, організовувати та здійснювати діяльність у різних контекстах, використовуючи свої професійні знання та навички.

Діяльнісний рівень може включати в себе різні елементи, такі як проектування, організація та виконання завдань, розв'язання проблем, комунікація з іншими, управління ресурсами тощо. Діяльнісний рівень може бути вимірний за допомогою різних методів оцінювання, таких як проекти, робота з реальними клієнтами, імітаційні вправи, експерименти тощо.

Діяльнісний рівень є важливим елементом професійної підготовки студентів, оскільки дозволяє їм здійснювати професійну діяльність, розвивати свої професійні навички та здобувати досвід роботи в реальних умовах.

Рефлексивний рівень в навчальному процесі відноситься до здатності студента аналізувати свої дії, думки та емоції у процесі навчання та визначення способів покращення своєї професійної діяльності. Це описує, як добре студент може рефлексувати про свої дії та процеси навчання, виявляти свої слабкі місця, а також знаходити способи їх вдосконалення.

Рефлексивний рівень може включати в себе різні елементи, такі як аналіз власних навичок, уміння самоконтролю та саморегуляції, здатність до самокритики та самооцінки. Рефлексивний рівень може бути вимірний за допомогою різних методів оцінювання, таких як письмові рефлексії, усні доповіді, інтерактивні вправи тощо.

Розвиток рефлексивного рівня є важливим елементом професійної підготовки студентів, оскільки дозволяє їм розуміти свої сильні та слабкі сторони, вдосконалювати свої професійні навички та здібності, а також підвищувати ефективність своєї професійної діяльності.

Критерій та показники сформованості компетентності здобувачів вищої освіти можна зазначити такі:



– когнітивний критерій: знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв’язання теоретичних і практичних задач видавництва і поліграфії; розуміти принципи і мати навички використання технологій додрукарської підготовки, друкарських та післядрукарських процесів, теорії кольору, методів оброблення текстової та мультимедійної інформації;

– функціональний критерій: здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність розробляти інтерактивні документи, веб-сайти та додатки;

– діяльнісний критерій: організувати свою діяльність для роботи автономно та в команді; застосовувати ефективні форми професійної та міжособистісної комунікації в колективі для виконання завдань у професійній діяльності;

– рефлексивний критерій: здатність приймати обґрунтовані рішення.

Отже, виходячи з вищесказаного та [7] можна сформулювати наступні критерії до кожного з показників, які представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Критерій та показники сформованості компетентностей здобувачів вищої освітньо-професійної програми «Технології електронних мультимедійних видань» спеціальності 186 Видавництво та поліграфія

Критерії сформованості	Показники вимірювання
Когнітивний	знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
	застосовувати ефективні форми професійної та міжособистісної комунікації в колективі для виконання завдань у професійній діяльності
	знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв’язання теоретичних і практичних задач видавництва і поліграфії; розуміти принципи і мати навички використання технологій
	додрукарської підготовки, друкарських та післядрукарських процесів, теорії кольору, методів оброблення текстової та мультимедійної інформації
Функціональний	здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність розробляти інтерактивні документи, веб-сайти та додатки
	забезпечувати якість друкованих і електронних видань, паковань, мультимедійних інформацій-них продуктів та інших видів виробів видавництва та поліграфії
	зробляти концепцію видання; склад, структуру, дизайн і апарат усіх видів виробів видавництва та поліграфії, робочу документацію для забезпечення процесу їх створення
	опрацьовувати текстову, графічну та мульти-медійну інформацію з використанням сучасних інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення
Діяльнісний	організувати свою діяльність для роботи автономно та в команді; застосовувати ефективні форми професійної та міжособистісної комунікації в колективі для виконання завдань у професійній діяльності
Рефлексивний	здатність приймати обґрунтовані рішення

Опис сформованості компетентностей достатньо трьох рівнів, але їх доцільно розробити за схемою «знання – розуміння – переконання», зміст яких в узагальненому вигляді можна представити наступним чином [11]:

- низький – володіє теоретичною і практичною інформацією (методична обізнаність);

- середній – володіє теоретичною і практичною інформацією, вміє виконувати окремі функції, розуміє необхідність таких дій (функціонально-методична грамотність);

- достатній – володіє теоретичною і практичною інформацією, вміє виконувати окремі функції, має досвід цілісної діяльності, переконаний у необхідності таких дій (методичний професіоналізм);

- високий – володіє теоретичною і практичною інформацією, вміє виконувати окремі функції, має досвід цілісної діяльності, переконаний у необхідності таких дій, має досвід тривалого професійного самовдосконалення (методична майстерність).

Проаналізувавши [17, 18] було виявлено, що сучасній науці запропоновано декілька підходів в оціненні ефективності показників рівня сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти, а саме: критеріально-рівневе оцінювання; рейтингові моделі; тестові технології вимірювання компетентності; діагностика компетентності студентів; тести «на застосування»; кейс-методи; технології оцінювання компетентності на основі експертних та експертно-статистичних методів. Розглянемо деякі з цих методів більш детально:

- критеріально-рівневе оцінювання компетентності випускника здобувача вищої освіти, яке ґрунтується на наборі об'єктивних, якісних критеріїв, які можуть бути пов'язані з одним із введених рівнів проявлення компетентності;

- рейтингові моделі, які визначають ступінь просування студента сходинками успіху в однотиповому середовищі;

- тестові технології вимірювання компетентності здобувачів вищої освіти, які найчастіше призначені для визначення рівня засвоєння того або іншого виду компетентності, потребують розроблення відповідних тестів та шкал вимірювання;

- діагностика компетентності студентів у процесі навчання на основі моделі Раша, яку використовують для вимірювання латентних змінних, якими є компетенції;

- тести «на застосування» для визначенні предметних і міжпредметних компетенцій;

- кейс-методи або метод портфолію;

- технології оцінювання компетентності на основі експертних та експертно-статистичних методів.

Нижче наведено фрагмент анкети, яка може використовуватись для оцінювання ефективності показників рівня сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти у навчальній дисципліні «Видавнича справа та технічне редагування». Ця анкета містить питання, що оцінюють знання, навички та уміння студентів у відповідних аспектах дисципліни.

#### Анкета.

1. Як ви оцінюєте свої знання основних принципів видавничої справи та технічного редагування?

- Відмінно
- Добре
- Середньо
- Слабо
- Не знаю

2. Наведіть приклади видавничих проєктів, над якими ви працювали або у яких брали участь. Опишіть свою роль та досягнення в цих проєктах.

3. Як ви оцінюєте свої навички керування видавничими процесами та ресурсами?

- Відмінно
- Добре
- Середньо
- Слабо
- Не знаю

4. Як ви оцінюєте свою здатність редагувати та коректувати текстів?

- Відмінно
- Добре
- Середньо
- Слабо
- Не знаю

5. Як ви оцінюєте свої навички виявлення та виправлення граматичних та стилістичних помилок в текстах?

- Відмінно
- Добре
- Середньо
- Слабо
- Не знаю

6. Чи можете ви пояснити основні принципи та процеси видавничої справи та технічного редагування?

7. Які кроки ви оберете для вдосконалення своїх навичок та компетентностей у видавничій справі та технічному редагуванні?

Дані дослідження не зовсім вирішують проблеми, які пов'язані з ефективністю та оцінюванням компетенцій, та визначенням рівня професійної компетентності випускника; деякі з підходів напрямлені на оцінювання і діагностику сформованості певних видів компетентності. Проблема визначення ефективності та оцінюванням професійних компетенцій, рівня компетентності є на даний момент актуальною, потребує певних удосконалень у запропонованих підходах і технологіях або навіть розроблення новітніх методів та рівнів.

Отже, зазначимо, що професійна компетентність у більшості визначається як поєднання психічних якостей, що дозволяють діяти самостійно і відповідально, так і технічних вмінь, тобто здатністю і умінням виконувати певні професійні функції.

На сьогодні існує декілька типів моделей професійної підготовки фахівців в українських вишах: традиційна модель, яка базується на передачі знань і складається з навчальних предметів, проектна модель, яка передбачає варіативність навчальних програм і практичних ситуацій, та індивідуалізована модель, яка дає можливість особистості самостійно обирати навчальні курси та дисципліни для своєї професійної підготовки. Проектна модель є характерною для американської системи вищої освіти, а традиційна модель є найбільш поширеною в більшості українських коледжів. У процесі індивідуалізованої моделі, особистість може самостійно визначати свою навчальну траєкторію та обирати форми професійної підготовки, такі як тренінги, майстерні, проекти тощо.

Штимак А. в дослідженні [20] запропонував технологію визначення рівня компетентності студента закладу вищої освіти, використовуючи процедури нечіткого логічного виведення із зваженою істинністю. Вона ґрунтується на рейтингових оцінках випускника, одержаних під час навчання у ЗВО за одним із освітньо-кваліфікаційних рівнів (бакалавр, спеціаліст, магістр). Використання лінгвістичних змінних і алгоритмів нечіткого логічного виведення дасть змогу детальніше і адекватніше враховувати результати навчання та особливості оцінювання результатів навчання студента при визначенні рівня його компетентності.

Технологія визначення рівня компетентності складається з поданих далі етапів. 1 етап. На першому етапі технології збирають дані про навчальні досягнення випускника за період навчання згідно з освітньо-кваліфікаційним рівнем (бакалавр, спеціаліст, магістр), враховуючи результати його творчої, інтелектуальної, науково-дослідної та інших видів діяльності, виражених рейтинговими оцінками за 100-бальною шкалою ЄКТС. Будується дерево логічного виведення, причому ієрархія факторів, що впливають на визначення рівня компетентності випускника, містить такі співвідношення:

$$R = f_R, (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

$$X_1 = f_{X_1} (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}), \quad (2)$$

де  $R$  – рівень компетентності випускника;

$x_{ni} = 1, 2, \dots, n$  – рівень компетентності за  $i$ -м циклом навчання;

$n$  – кількість циклів навчання;

$k_j = 1, 2, \dots, n_j$  – кількість оцінок в  $j$ -му циклі;

$x_{ij}$  – рівень компетентності за  $i$ -ю дисципліною в  $j$ -му циклі.

Як було зазначено в роботі [21] цим співвідношенням відповідатиме нечітке логічне рівняння, яке дає змогу визначити рівень компетентності випускника  $R$ , використовуючи алгоритми нечіткого логічного виведення.

Аналізується ефективність використання засобів електронного навчання при дуальній формі навчання. Оцінка ефективності роботи користувача з цими засобами не тільки залежить від дидактичної правильності виконання засобів електронного навчання, але й від правильної побудови їхнього інтерфейсу з урахуванням психології користувачів.

Дослідники вважають, що якість методичного забезпечення є ключовим фактором у розвитку дистанційної освіти. До складу такого забезпечення входять різноманітні інструменти, такі як інтерактивні диски, електронні оголошення, мультимедійний гіпертекст, кейси, лекції, симулятори та реальні проекти, які доступні через Інтернет. Ці інструменти не лише залучають студентів до активного навчання, але й дозволяють керувати навчальним процесом та забезпечують зворотній зв'язок, діалог і підтримку, що робить їх більш ефективними, ніж традиційні методи навчання.

Високу ефективність дистанційного навчання забезпечує активна педагогічна діяльність в інформаційному середовищі, цілеспрямований характер навчання відносно навчальної інформації і діяльності [19].

Існує кілька підходів до оцінки ефективності систем навчання. Серед них є методи, які дають можливість оцінити відносну ефективність, аналізуючи технології навчання. Основні процеси, що визначають ефективність системи освіти в цілому, включають методологію формування системи знань, методологію формування системи професійних умінь і навичок, рентабельність освітнього процесу і розумну стратегію цін за навчання.

Таким чином, при оцінці ефективності навчання в дуальній формі, вимоги ставляться до якісних та кількісних критеріїв. Для оцінки ефективності навчання можна використовувати наступні методи:

- Д. Філіпса або Д. Киркпатріка;
- цільовий метод Тайлера;
- натуралістичний метод Губа;
- прикладну теорію П. Кірнс;
- спосіб Скрівенса;
- бенч-маркінг;
- схему CIPP Стафлебіма;
- модель CIRO.

Киркпатрік Д. [20] запропонував модель оцінювання ефективності дуального навчання, яка ґрунтується на його чотирьохрівневій моделі. Він вважає, що такий підхід дозволить ефективно використовувати отримані в

процесі навчання навички на робочому місці та забезпечити максимальну результативність цієї форми освіти.

Перший рівень – «Реакція».

Для оцінки ефективності першого рівня можуть бути використані такі інструменти як листи реагування (анкети коментарів, листи посмішок, анкети реакції), інтерв'ю, фокус-групи.

Другий рівень – «Навчання».

Цей рівень передбачає оцінку того, якою мірою засвоїли учасники дуального навчання нову інформацію, сформували вони необхідні відносини, чи змінилися і наскільки їхні знання, установки під кінець процесу навчання. Інструментами є: тест на знання вивченого матеріалу, лист перевірки умінь, складання плану дій.

Третій рівень – «Поведінка».

В даному випадку потрібно визначити, чи змінилася в результаті навчання поведінка його учасників, чи застосовують вони отримані навички і знання на своєму робочому місці. Інструменти оцінки: контрольний лист поведінки; огляд поведінки; огляд роботи на робочому місці; перевірка планів дій; навчання діям; фокус-групи.

Четвертий рівень – «Результати».

Основною метою оцінки ефективності навчання є визначення того, наскільки успішно було досягнуто попередньо поставлені цілі, зокрема економічні. Також важливо враховувати, який вплив мали зміни в поведінці учасників на організацію. Оцінку необхідно проводити перед, під час та після навчання, а також через деякий час, коли результати стануть помітнішими.

Для ефективного дистанційного навчання ключовим чинником є мотивація учасників. Педагог повинен чітко визначити рівень поставлених завдань індивідуально для кожного студента і групи учнів, щоб забезпечити їхню мотивацію. Зниження мотивації може призвести до втрати ефективності навчання. Також важливо, щоб поставлені перед студентами завдання відповідали їхнім знанням, інакше це також може призвести до зниження мотивації та втрати ефективності навчання.

Оцінюючи ефективність електронного навчання в дуальній формі, визначається, наскільки досягнуті результати відповідають поставленим навчальним цілям та завданням, при цьому мінімізуються витрати часу, зусиль та здоров'я викладачів і студентів. У реальних умовах ринку освітніх послуг також враховуються фінансові витрати.

Для оцінки ефективності дистанційної форми навчання можна використовувати декілька критеріїв. Але не дуже доцільно використовувати складові критерії в формі середньозваженої суми окремих показників при аналізі функціонування персональних навчальних систем. Також не рекомендується використовувати інтегральні критерії типу дробу, де в чисельнику розміщуються показники, які бажано збільшити, а в знаменнику – ті, які бажано зменшити.

Ефективність електронного навчання доцільно, таким чином, оцінювати векторним показником ( $E_{\phi}$ ) за формулою:

$$E_{\phi} = (K, C), \quad (3)$$

де –  $K$  – якість продукту в методично-дидактичних комплексах;

$C$  – вартість електронного навчання.

Ефективність і успішність навчання залежить від належної організації та подачі навчального матеріалу. Матеріал, який розміщується в персональній навчальній системі, то він має доповнювати заняття, що може проводитися викладачем в аудиторії. Відповідно й організація матеріалу буде різною. Це буде курс, спрямований не на отримання формальної освіти, а на самостійну освіту. У останньому випадку відбір матеріалів та їх структурування відрізняються від матеріалів, що призначені для дистанційного навчання.

Перед розміщенням інформації в навчальній системі необхідно враховувати особливості системи навчання та потреби студентів. У психологів є чотири ключові елементи, які впливають на ефективність дуальної освіти в електронному навчанні.

Психологи виділяють чотири основні компоненти, які впливають на ефективність дуальної освіти в електронному навчанні:

- забезпечення ефективної взаємодії між викладачем та студентом в умовах віддаленості;
- використання педагогічних технологій, які відповідають потребам електронного навчання;
- розробка ефективних методичних матеріалів та забезпечення їх доставки. При цьому необхідно переробити вже існуючі методичні матеріали для навчання з використанням віддаленого доступу;
- забезпечення ефективного зворотного зв'язку.

У методично-дидактичному комплексі використовуються наступні фактори та правила:

- оперативна передача будь-якого обсягу і виду інформації на будь-яку відстань;
- можливість оперативної зміни інформації з будь-якого місця;
- зберігання інформації на комп'ютері або сервері ЗВО протягом певного часу з можливістю редагування, обробки, виведення на друк та інше в будь-який момент;
- використання елементів інтерактивної подачі матеріалів;
- забезпечення оперативного зворотного зв'язку;
- доступ до різних джерел інформації, в тому числі віддалених баз даних;
- можливість організації телеконференцій, в тому числі в режимі реального часу;
- розміщення матеріалів на партнерських сайтах і діалог з партнерами через Інтернет;

– можливість користувача зберігання матеріалів на своєму носії або їх роздрукування для роботи у зручний для нього час.

Оцінку ефективності сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти освітньо-професійної програми «Технологія електронних мультимедійних видань» можна представити як комплексну задачу.

Задачу з оцінки ефективності можна назвати вираз:

$$\langle A, \Pi \rangle, \quad (4)$$

де  $A$  – множина допустимих альтернатив;

$\Pi$  – принцип оптимальності.

У загальному випадку модель задачі можна подати у вигляді кортежу:

$$(K_i, F_i, D_i, R_i), \quad (5)$$

де  $K_i$  – множина показників когнітивного критерію;

$F_i$  – множина показників функціонального критерію;

$D_i$  – множина показників діяльнісного критерію;

$R_i$  – множина показників рефлексивного критерію.

Оцінку ефективності  $E_i$  можна представити, як кортеж за виразом:

$$\langle K_i, D_i, F_i, R_i \rangle. \quad (6)$$

Отже, оцінку ефективності  $E_i$  можна представити, як:

$$E_i = \{K_i^1(K_i^1(k_{i1}^1, k_{i2}^1, \dots, k_{iN}^1), F_i^1(f_{i1}^1, f_{i2}^1, \dots, f_{iN}^1), D_i^1(d_{i1}^1, d_{i2}^1, \dots, d_{iN}^1), R_i^1(r_{i1}^1, r_{i2}^1, \dots, r_{iN}^1))\} \xrightarrow{E_i} opt,$$

де  $k_{i1}^1$  – знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

$k_{i2}^1$  – застосовувати ефективні форми професійної та міжособистісної комунікації в колективі для виконання завдань у професійній діяльності

$k_{i3}^1$  – знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв'язання теоретичних і практичних задач видавництва і поліграфії;

$k_{i4}^1$  – розуміти принципи і мати навички використання технологій додрукарської підготовки, друкарських та післядрукарських процесів, теорії кольору, методів оброблення текстової та мультимедійної інформації.

$f_{i1}^1$  – здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність розробляти інтерактивні документи, веб-сайти та додатки;

$f_{i2}^1$  – забезпечувати якість друкованих і електронних видань, пакувань;

$f_{i3}^1$  – забезпечувати якість мультимедійних інформаційних продуктів та інших видів виробів видавництва та поліграфії;

$f_{i4}^1$  – розробляти концепцію видання; склад, структуру, дизайн і апарат усіх видів виробів видавництва та поліграфії, робочу документацію для забезпечення процесу їх створення;



$f_{i5}^1$  – опрацьовувати текстову, графічну та мультимедійну інформацію з використанням сучасних інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення;

$d_{i1}^1$  – організувати свою діяльність для роботи автономно та в команді; застосовувати ефективні форми професійної та міжособистісної комунікації в колективі для виконання завдань у професійній діяльності;

$d_{i2}^1$  – розробляти мультимедійні продукти та їх окремі елементи;

$r_{i1}^1$  – здатність приймати обґрунтовані рішення;

$r_{i2}^1$  – здатність працювати автономно;

$r_{i3}^1$  – здатність працювати в команді.

Отже, визначення сформованих професійних компетентностей здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування» освітньо-професійної програми «Технології електронних мультимедійних видань» може відбуватися за такою методикою:

- проведення лекційних занять з навчальної дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування» за різноманітними формами навчання; використання інтерактивних та змішаних форма навчання для досягнення когнітивного та функціонального критерію;

- проведення лабораторних занять з навчальної дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування» з використанням завдань, які націлені на отримання функціонального та дієвого критерію;

- проведення оцінювання знань студентів з навчальної дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування» з використанням різних форм та способів опитування для визначення рівня показників вимірювання;

- опрацювання підсумкового оцінювання для визначення сформованих професійних компетентностей здобувачів вищої освіти.

## **Висновки**

Узагальнюючи, розробка методики визначення сформованих професійних компетентностей здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни "Видавнича справа та технічне редагування" має наступну актуальність.

Підготовка професіоналів: Методика дозволяє установам вищої освіти оцінити рівень підготовки студентів у конкретній галузі, забезпечуючи формування компетентних фахівців у сфері видавничої справи та технічного редагування. Це особливо важливо, оскільки якісна підготовка фахівців сприяє розвитку даної галузі і задоволенню потреб суспільства у якісному видавничому продукті

Персоналізація навчання: Методика дозволяє індивідуалізувати навчальний процес шляхом визначення і оцінювання конкретних компетентностей учнів. Це дозволяє студентам розвивати свої сильні сторони, виявляти слабкі місця та планувати своє навчання для досягнення кращих результатів

Моніторинг та оцінка якості навчання: Методика надає можливість систематичного моніторингу та оцінки якості навчання в рамках даної навчальної дисципліни. Вона допомагає виявити прогалини у знаннях та навичках студентів, що дає змогу своєчасно коригувати навчальні програми та методику викладання

Адаптація до ринкових вимог: Методика визначення професійних компетентностей може бути адаптована до змін на ринку праці та вимог роботодавців у сфері видавничо-поліграфічної справи.

За результатами дослідження була запропонована методика визначення сформованих професійних компетентностей здобувачів вищої освіти навчальної дисципліни «видавнича справа та технічне редагування». Запропоновано оцінку ефективності сформованості професійних компетентностей здобувачів вищої освіти освітньо-професійної програми «Технологія електронних мультимедійних видань» представити як комплексну задачу.

Дослідження показало, що навчання при дистанцій формі має значний потенціал. Система дистанційного навчання є дуже поширеною при дуальній формі і може бути використана з будь-якого місця з доступом до Інтернету. Ефективність та успішність електронного навчання залежать від правильної організації та подачі навчального матеріалу.

Для оцінки ефективності дистанційного навчання існує багато методів, таких як методи Д. Філіпса, Д. Киркпатріка, цільовий метод Тайлера, натуралістичний метод Губа, прикладна теорія П. Кірнс, спосіб Скрівенса, бенч-маркінг, схема CIPP Стафлебіма, модель CİRO та схема Б. Аарона V. Оцінка ефективності повинна проводитися до, під час і після процесу навчання, а також через деякий час, коли результати стануть більш помітними.

Визначення сформованих професійних компетентностей здобувачів вищої освіти є важливим етапом оцінювання їх навичок і здібностей в контексті навчальної дисципліни «Видавнича справа та технічне редагування». У процесі визначення компетентностей слід враховувати специфіку навчальної дисципліни і встановлювати ключові компоненти компетентностей, що їх характеризують.

Методика визначення сформованих професійних компетентностей повинна бути систематичною і об'єктивною, щоб забезпечити надійні результати оцінювання. Для оцінювання ефективності показників рівня сформованості професійних компетентностей можуть використовуватись різні методи, такі як письмові або практичні завдання, портфоліо, проектні роботи, випробування тощо.

Оцінювання ефективності показників компетентностей має бути цілеспрямованим і зорієнтованим на вимоги професійного середовища, що дозволить здобувачам вищої освіти розвивати та вдосконалювати свої професійні навички. Співставлення компонентів компетентностей з критеріями оцінювання допоможе забезпечити ясність і конкретність процесу оцінювання, а також підвищити об'єктивність результатів.

## Список літератури.

1. Chang, C.C., Shu, K.M., Liang, C., Tseng, J.S., & et al. (2014) Is blended e-learning as measured by an achievement test and self-assessment better than traditional classroom learning for vocational high school learning? *International Review of Research in Open and Distance learning*, 15(2). <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/viewFile/890/1826>.
2. Egan, J. (2012, June). E-learning Factsheet of CIPD. <http://www.cipd.co.uk>.
3. Der Technischen Hochschule. (б. д.). E-Learning. <http://elearning.fhws.de>.
4. Rosenberg, M. (2007). *Beyond E-Learning: New Approaches to Managing and Delivering Organizational Knowledge*. ASTD International Conference, 20-26.
5. Андрющенко, Т.Ю., & Назарова, С.О. (2018). Розробка мультимедійних засобів навчання з урахуванням педагогіко-психологічних аспектів. *ScienceRise*, (1), 30-35.
6. Бахмат, Н. (2018). Організаційно-педагогічні умови проектування практико орієнтованого середовища підготовки майбутніх техніків-технологів. *Theory and methods of educational management*, 1(21). [http://umo.edu.ua/images/content/nashi\\_vydanya/metod\\_upr\\_osvit/v1\\_2018.pdf](http://umo.edu.ua/images/content/nashi_vydanya/metod_upr_osvit/v1_2018.pdf).
7. Андрющенко, Т.Ю. (2021). Видавнича справа і технічне редагування: робоча програма навчальної дисципліни для студентів спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» освітньої програми «Технології електронних мультимедійних видань» першого (бакалаврського) рівня. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця.
8. Дуальна освіта. (2022). <https://mon.gov.ua/ua/osvita/profesijno-tehnicna-osvita/dualna-osvita>.
9. Жукова, А. (2018). Критерії та показники оцінювання якості професійної компетентності вчителя гімназії на засадах інноваційних технологій. [https://lib.iitta.gov.ua/712843/1/Zukova18\\_2st.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/712843/1/Zukova18_2st.pdf).
10. Згуровський, М.З., Родіонов, М.К., & Жилиєв, І.Б. (2006). *Розвиток інформаційного суспільства в Україні*. Київ: НТУУ КПІ.
11. Коробова, І.В. (2016). *Компетентісно орієнтована методична підготовка майбутніх учителів фізики на засадах індивідуального підходу: монографія*. Херсон: ФОП Грінь Д.
12. Лемішовська, О., & Яремко, І. (2020). Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології, (3-4), 97-98. [https://repository.sspu.edu.ua/bitstream/123456789/9520/1/Lemishovska\\_Udoskonalennia%20fakhovykh%20kompetentnostei.pdf](https://repository.sspu.edu.ua/bitstream/123456789/9520/1/Lemishovska_Udoskonalennia%20fakhovykh%20kompetentnostei.pdf).
13. Лазарева, Н. (2012, 9 липня). Модель оцінки ефективності навчання Д. Кіркпатрика. <http://hrliga.com/index.php?module=profession&op=view&id=1434>.
14. Сватюк, О.Р., Миронов, Ю.Б., & Миронова, М.І. (2017, 22 грудня). Оцінювання ефективності дистанційного навчання <https://kerivnyk.info/2017/12/svatiuk-myronov-edn.html>.
15. Пономаренко, В.С., Пушкар, О.І., Андрющенко, Т.Ю., & ін. (2017). *Педагогічний дизайн засобів електронного навчання на робочому місці: монографія*. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця.
16. Селевко, Г.К. (2006). *Проектуємо комп'ютерний урок. Відкритий урок*, (3-4), 19-25.
17. Семеріков, С.О. (2009). *Теоретико-методичні основи фундаменталізації навчання інформативних дисциплін у вищих навчальних закладах: дис. д-ра пед. наук: спец. 13.00.02 «Теорія та методика навчання (інформатика)»*. Київ: Національний пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова.
18. Сисоєва, С.О. (2015). *Компетентісно зорієнтована вища освіта: формування наукового тезаурусу*. <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/11033/1/Sysoeva%20S.A.%202015.pdf>.
19. Товажнянский, Л.Л., Романовський, О.Г., Бондаренко, В.В., Пономарьов, О.С., & Черваньова, З.О. (2005). *Основи педагогіки вищої школи*. Харків: НТУ «ХП».
20. Удалова, О., & Буянова, Г. (2022). Інноваційні форми і методи навчання в системі освіти України. *Проблеми виховання*, 2(97). 190-207.
21. Штимак, А. (2015). *Технологія визначення рівня компетентності випускника ВНЗ з використанням алгоритмів нечіткого логічного виведення*. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/9060/1/17-109-122.pdf>.

УДК 004.4:681.322

## КИРИЛИЦЯ В L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. ПРОБЛЕМИ. УСПІХИ. ПРАКТИКА

**Азаренков В.І.**

к.т.н., доцент, Кафедра системного аналізу  
та інформаційно-аналітичних технологій,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

*Анотація.* порушено питання кирилізації L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. Показано проблеми та існуючі шляхи їх вирішення. Проведено аналіз найбільш популярних підходів до набору та верстки наукових текстів у кирилиці. З відкритих джерел зібрано, перекладено, сформовано та запропоновано посібник з підготовки текстів у L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X із урахуванням національних правил верстки та видання наукової літератури.

*Ключові слова:* T<sub>E</sub>X, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, N<sub>C</sub>S<sub>E</sub>T<sub>E</sub>X, N<sub>C</sub>STOOLS, N<sub>C</sub>CCLASS, КИРИЛІЗАЦІЯ, ВЕРСТКА, СИСТЕМА ВЕРСТКИ.

### Вступ

Навіщо потрібен L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X? Цей інструмент використовується повсюди для створення наукових документів, написання книг, а також багатьох інших форм публікацій. Він дозволяє не тільки створювати гарно оформлені документи, а й дає користувачам можливість дуже швидко реалізовувати такі складні елементи друкованого набору, як математичні вирази, таблиці, посилання і бібліографії, отримуючи узгоджену розмітку за всіма розділами.

Переваги використання L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X настільки великі, що протягом 30 років він залишається найактуальнішим інструментом для оформлення технічно складних за версткою робіт у багатьох областях.

Видавнича система L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X дає змогу отримати документ високої якості за розумний проміжок часу навіть без залучення фахівця-верстальника. При цьому для створення складних текстів не буде потрібно багато часу на вивчення можливостей L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X і оформлення потрібного документа високої якості. На відміну від редакторів та інших програм верстки, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X від самого початку орієнтований на автоматичне дотримання всіх правил набору і друкарських норм (встановлених за замовчуванням у пакеті, що допускають, якщо є бажання, будь-які корекції; водночас кожна істотна зміна в тексті й посиланнях приводить до автоматичного переверстування тексту всього документа без вашого втручання) та створення естетично оформлених документів. Верстка за його допомогою забирає у кілька разів менше часу та зусиль, ніж та ж сама робота, виконана у звичайних редакторах, водночас даючи істотно кращі (в плані акуратності, оформлення, легкості читання і т.д.) результати.

## Мета та задачі дослідження

Основним завданням даної роботи є аналіз порівняння різних версій пакету  $\text{\LaTeX}$  щодо повної його кирилізації під українські стандарти набору тексту та складання короткого керівництва для його широкого використання.

## Основна частина

Здавалося б, можна просто зосередитися тільки на наборі тексту. Але виявилось, що від самого початку існує маленька перешкода, що призводить до великих наслідків. Причому не для всіх, а лише для тих, хто пише кирилицею.

Спочатку  $\text{\TeX}$  був створений для мов, що використовують латинський алфавіт. Пізніше кількість можливих для використання мов у пакеті значно зросла. Проблеми виникли з кириличними шрифтами через особливості їхнього кодування (розташування в таблиці кодування) і написання. Основна проблема при створенні україномовних документів у  $\text{\LaTeX}$  – це мала кількість якісних шрифтів із підтримкою кирилиці. Створений пізніше пакет  $\text{\TeX Live 2013}$  частково розв'язує цю проблему, а розроблені пакети  $\text{\XeTeX}$  та  $\text{\XeLaTeX}$ , використовуючи Unicode кодування, домоглися повного вирішення мовних шрифтових проблем кодування, але повністю не змогли розв'язати завдання верстки з урахуванням наших національних особливостей оформлення тексту. Проблема наявності різноманітності накреслення українських літер залишилася. Код букви є, а реалізація її накреслення різними шрифтами, зокрема й математичними, – відсутня. Але це ще не все.

Документи, отримані в американському, європейському та українському наборах, серйозно відрізняються; ці відмінності визначаються як національними традиціями, так і державними стандартами. Відмінності стосуються насамперед наборів не лише шрифтів, а й повноцінних наборів символів для української мови: №, %, двох видів тире і дефіса, двох різновидів лапок тощо. Необхідно враховувати таблиці та правила переносів, особливості написання математичних символів і функцій, назв і оформлення окремих частин тексту, заголовків, розділів і підрозділів, їх нумерацію, підписанні написи та назви таблиць, пропуски, відступи й розділові знаки та багато чого іншого.

Здавалося б, у чому проблема? Вона і виїденого яйця не варта. На жаль, ні. Коли  $\text{\TeX}$  тільки з'явився, все було просто: його текстові шрифти склалися з 128 символів, містили символи кодування ASCII і невелику кількість додаткових символів. Тепер же в  $\text{\LaTeX}$ -і підтримуються десятки мов, та забезпечити точний збіг вхідного коду символу з його кодом у шрифті  $\text{\TeX}$ 'а вже не вдається. З цієї причини доводиться використовувати пакет **inputenc**, призначений для встановлення відповідності між кодами не-ASCII-символів (символів кирилиці), які використовуються під час набору тексту, і їхніми кодами в текстових шрифтах.

Пакет `inputenc` перетворює кожен не-ASCII-символ на команду. Коли  $\TeX$  транслює такий документ, команди, пов'язані з не-ASCII-символами, підставляють замість себе коди, що використовуються у шрифтах  $\TeX$ -а. У разі використання кирилиці ситуація ще більше ускладнюється, оскільки є не тільки різноманіття вхідних кодувань, вихідні кодування шрифтів із кирилицею так само різняться. Тому процес зіставлення вхідного коду і коду в шрифті стає двокроковим: під час трансляції символ кирилиці замінюється на спеціальну команду, а потім ця команда підставляє замість себе код шрифту за правилами, визначеними пакетом `fontenc`. Наприклад, слово «Задача» (**Zadaha**) перетворюється в процесі обробки на послідовність команд

$$\backslash\text{CYRZ}\backslash\text{cyra}\backslash\text{cyrd}\backslash\text{cyra}\backslash\text{cyrch}\backslash\text{cyra}.$$

Ця особливість не дає змоги нормально реалізувати пошук, сортувати предметний покажчик, що містить терміни українською мовою: українські літери впорядковуватимуться не за алфавітом, а за іменами відповідних їм команд...! І якщо літери кирилиці працюють як команди, то їх не можна використовувати в іменах міток при перехресних посиланнях. На доповнення до цього в стандартних математичних шрифтах  $\TeX$ -а символи кирилиці, на жаль, теж відсутні. У результаті в математичних формулах вони зникають. Це дуже підступна помилка, причому виявити її візуально неможливо, а знайти такий символ у тексті документа вкрай важко. І це далеко не всі складнощі з кирилицею. Їх в міру прояву намагаються долати різними шляхами.

Але якщо система верстки така недосконала, то чому її так люблять використовувати для створення документів? Переваг у неї досить багато, але я назву найголовніші:

- $\LaTeX$  це система, що безплатно розповсюджується і не має на сьогодні програмних помилок;
- системні вимоги:  $\LaTeX$  працює на всьому комп'ютерному залізі (навіть застарілому), що «ворушиться», і в будь-якій операційній системі;
- стабільність, повна сумісність з усіма операційними системами, незалежно від своїх версій;
- тільки набираючи самостійно ( $\LaTeX$  це дозволяє всім охочим без сторонніх верстальників) можна бути абсолютно впевненим в очікуваному результаті і одразу його виправити;
- документ  $\LaTeX$  – це текст. Уся робота з  $\LaTeX$  може виконуватися без відриву рук від клавіатури. Згадайте, скільки разів Ви помилялися в значеннях у формулах та були змушені перевіряти весь документ MS Word у пошуках формул, де зустрічається це значення, і виправляти його вручну. У  $\LaTeX$  потрібно лише вказати масову заміну значень. У всьому документі все буде виправлено автоматично;
- $\LaTeX$  формули – це також текст. І можливості набору складних формул у  $\LaTeX$  НЕ ОБМЕЖЕНІ;

– одна з найвагоміших причин, через яку багато хто використовує  $\text{\LaTeX}$ , полягає у відокремленні змісту документа від його стилю. Це означає, що після написання тексту, можна з легкістю змінювати його зовнішній вигляд. Аналогічним чином, можна створити один стиль документа і використовувати його для стандартизації зовнішнього вигляду інших. Це дає змогу науковим журналам створювати шаблони для пропонованих на розгляд матеріалів. Такі шаблони мають задану розмітку, внаслідок чого додати залишається лише зміст. Насправді існують сотні подібних шаблонів, починаючи з різноманітних резюме і закінчуючи презентаціями слайдів;

– і т.д., переваги можна перераховувати ще дуже довго...

Як видно з наведених переваг, за таку систему верстки варто поборотися.

Зазначимо основні моменти, які у тому чи іншому вигляді мають бути присутніми у кирилізації.

1. Підключити схему національних переносів.

2. Розробити та підключити кириличні шрифти.

3. Ввести кириличні ялинки « » та лапки „“.

4. Визначити знак номера №, що у англійській мові відсутній.

5. Ввести більш коротке, порівняно з англійським, тире – з відповідними відбивками з обох боків.

6. Перевизначити команди секціонування для отримання національних назв: Глава, Параграф, Розділ, Вступ, Передмова, Зміст тощо.

7. Крім  $\tan$ ,  $\sinh$  тощо, ввести визначення математичних функцій  $\text{tg}$ ,  $\text{sh}$  тощо.

8. Перевизначити команду  $\backslash today$  для правильного отримання дати українською мовою.

9. Додати команди  $\backslash Asbuk$  та  $\backslash asbuk$  для нумерації літерами українського алфавіту.

Сподіваюся, я розвіяв думку про те, що для українізації пакета достатньо підключити українські шрифти. Зрозуміло, робота з кирилізації цим не обмежується: потрібно пристосувати програму *bibtex* для отримання списку літератури національною мовою з відповідним чином оформленими бібліографічними описами та впорядкуванням як за країною, так і англійською абеткою; потрібно українізувати програму *makeindex* для отримання предметного та іменного покажчика (якщо йдеться про книгу); потрібно відповідно до вітчизняних традицій переробити стандартні класи документів, зокрема *article* і *amsart*, і багато іншого, про що в цьому короткому аналізі нам не вдасться розповісти через брак місця. З усіх питань, що виникають у вас, рекомендуємо звертатися до списку розсилки групи користувачів кириличного  $\text{\TeX}$ -а *CyrTeX*. Щоб підписатися на нього, потрібно надіслати e-mail на адресу *CyrTeX-ru-on@vsu.ru* із зазначенням „*Subscribe*“ у полі *Subject*.

Навіть опанувавши озвучену вище інформацію, не можна одразу зрозуміти, в яких пакетах розширення системи  $\text{\LaTeX}$  потрібно готувати свою статтю українською мовою, щоб отримати максимально правильну українізацію

оригінал макета (мається на увазі повне дотримання національних правил виконання та підготовки видання до друку). Виникає питання, а чому я одразу не уточнив і не перерахував цю інформацію?

На жаль, розбір та хитання характерні зараз для всіх сфер нашої української дійсності. Не зуміли домовитися і розробники українізації L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-а: версій з'явилося багато – начебто це добре, але вони не сумісні, неповні і не можуть доповнювати одна одну (вирішують різні й одночасно однакові завдання) та не призначені для спільної роботи – це погано. Тому не буду їх перераховувати, тому, що до перерахування потрібно буде додати досить повний опис можливостей кожної з них. Цю інформацію легко отримати в Інтернеті.

Одне могу одразу поради: перш, ніж відправляти статтю в той чи інший вітчизняний чи зарубіжний журнал, з'ясуйте, у якому конкретно (з якою кирилізацією) пакеті L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X потрібно її оформляти. На жаль, поки що не існує єдиного кирилізованого та вузько-спеціалізованого українізованого пакета L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, яким користувалися б у всіх видавництвах. Якщо конкретна кирилізація видавництвами не обговорюється, ви готуєте статтю за тією, в якій звикли працювати; якщо кирилізація вказана, то попросіть її у видавництва разом із інструкцією користувача.

Наведемо опис модифікацій L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, що досить часто використовуються, – від більш старих до більш нових.

1. **rlatex Шеня-Львівського**. У лістинг L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X необхідно додати до заголовка файлу

```
\usepackage{rusccorr} та компілювати командою rlatex.
```

*Переваги*. Розумно і повно описано у підручниках L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X російською мовою. У пакеті, що розповсюджується, коректно вирішено більшість (але не всі) проблем кирилізації. Стабільно однаково працює на різних дистрибутивах з 1993 року і до цього часу.

*Недоліки*. Необхідні неочевидні дії при встановленні – треба встановлювати спеціальні додатки (rusccorr та ін), будуть складнощі при використанні пакета hyperref. Якщо у вас не встановлено цю русифікацію, то не потрібно намагатися її додавати до наявних. Відсилаючи комусь файл у цій кирилізації, обов'язково попередьте його.

2. **russlh Черепанова**. У лістинг першим рядком файлу додати

```
%& --translate-file=win2t2 або koi2t2, або alt2t2
```

у залежності від кодування, що використовується, при цьому треба перевірити доступність відповідних файлів з розширенням t2x); у заголовку додати

```
\usepackage{russlh}
```

і, за бажанням,



```
\usepackage{russcorr}.
```

*Переваги.* Можна без особливих зусиль використати з будь-яким дистрибутивом. Кириличні літери можна використовувати в іменах команд, міток тощо. Українські літери розумно записуються у файли типу .aux, .toc, .idx тощо.

*Недоліки.* Необхідно використати нестандартний пакет. Кодування utf-8 не підтримується. Можливі помилки з українськими літерами всередині математичних формул. Не повністю працює пакет hyperref (принаймні проблеми з bookmark-ами гарантовані). Можна використовувати цю кирилізацію, якщо вам треба працювати з файлом, де рясно використані українські літери в іменах команд або міток. В інших випадках спеціального виграшу вона швидше не приносить. А проблеми будуть.

3. **babel+inputenc.** Використання – до заголовка файлу додати

```
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[ukrainian]{babel}
```

та компілювати командою *pdflatex* або *latex*.

*Переваги.* Стандартний спосіб, який працює out-of-the-box з будь-яким із нині поширених дистрибутивів. Можна користуватися майже будь-яким українським кодуванням (потрібно лише акуратно його вказати пакету inputenc). Сумісно з усіма стандартними пакетами (в т.ч. з hyperref).

*Недоліки.* Українські літери стають активними символами (і їх не можна використовувати у назвах міток, команд тощо). Українські літери у файлах типу .aux, .toc, .idx тощо стають нечитаними (принаймні без окремих програм, що їх перекодують).

4. **X<sub>Y</sub>TeX.** Використання – до заголовка файлу додати

```
\usepackage{polyglossia}
\setmainlanguage{rusian}
\newfontfamily\russianfont{PT Sans}
```

(остання команда варіюється в залежності від бажаного шрифту); тим, хто звик до babel, варто додати ще

```
\setkeys{ukrainian}{babelshorthands=true}.
```

Компілювати командою *xelatex*.

*Переваги.* Працює out-of-the-box із досить сучасними дистрибутивами. Українські літери можна використовувати в іменах міток тощо. Можна використовувати будь-який OpenType або TrueType шрифт, наявний у системі.

*Недоліки.* Працює лише з кодуванням utf8. Активно розробляється і, мабуть, не зовсім усталений (радимо стежити за новизною дистрибутива!). Відсутня можливість компіляції PostScript (відповідно, не можна використовувати засоби типу ps2ps). Зі «старими» версіями L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X не працює.

Тим, хто не впевнений, яка кирилізація йому потрібна, спільнота радить скористатися варіантом № 3 (3. babel+inputenc). Якщо ж необхідно скомпілювати документ із великою кількістю міток з українськими іменами – найпростіше змусити працювати кирилізацію № 2 О. Черепанова.

Це деякий далеко неповний список видань і пакетів кирилізації (*не сумісних між собою*), що використовувались і використовуються редакціями наукових журналів на сьогоднішній день. Аналіз даних можливостей кирилізації підготовленої до видання літератури з відкритих джерел показав, що найбільш повно та кардинально питання кирилізації L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-а вдалося вирішити нашому співвітчизнику програмісту та працівнику інформаційно-видавничої сфери доктору фізико-математичних наук Олександрю Йосиповичу Роженку шляхом розробки та включення до дистрибутиву L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-а цілої системи макросів N<sub>C</sub>S-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, що є **ncctools** – колекцією загальних пакетів для стандартного L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X: *fterpackage, dcounter, desclist, extdash, manyfoot, mboxfill, nccbbb, nccboxes, ncccomma, ncccropbox, ncccropmark, nccfancyhdr, nccfloats, nccfoots, N<sub>C</sub>S-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, nccmath, nccparskip, nccpic, nccrules, nccsect, nccstretch, nccthm, ncctools, textarea, tocenter, topsection, watermark* [1]. По суті, N<sub>C</sub>S-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X – розширений клас загального призначення – надає платформу для заміни загального класу стандартних класів статей, книг та звітів, а також додає клас «Препринт», деякі з яких також можуть використовуватися зі стандартними класами. Пакет ps<sub>l</sub>atex також завантажує багато стандартних пакетів і вимагає останньої версії комплекту ncctools. При використанні цих макросів практично всі питання щодо кирилізації знімаються автоматично.

Залишається ще непорозуміння: для вивчення L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-а ми користуємося перекладними книжками з латинських мов, для яких немає проблем із кирилицею, бо вони нею не користуються, а отже, вони ж і не користуються макросами N<sub>C</sub>S, включеними до складу дистрибутивів цієї системи. І, як наслідок, не озвучують, не вчать та не описують їх.

Зі сказаного випливає несподіваний і чудовий висновок: дистрибутиви L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-а, якими ми з вами користуємося в максимально-можливому об'ємі кирилізовані! І виникає ще один, але сумний висновок: а нам про це ніхто не розповів.

Аналіз доступної літератури про L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X показав, що за описом макросів N<sub>C</sub>S-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X було видано лише три (!!!) книги малими тиражами [3-4], які миттєво розійшлися і стали бібліографічною рідкістю. Існує розрізнений комплект англomовної документації на сайтах CTAN [1] із кількома оновленнями під сучасний L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. І все. Вважаючи це несправедливим і не допустимим приховання таких можливостей видавничої системи, ми на підставі доступного матеріалу переклали (переклад виявився дуже складним через використання специфічної термінології) та сформувавши україномовний опис

пакета  $\text{NCC-LAT}_{\text{E}}\text{X}$ , викладеного нижче, тим самим внесли свої п'ять копійок у широке практичне використання кирилізованого пакета.

Посібник за останньою версією пакета  $\text{NCC-LAT}_{\text{E}}\text{X}$  описує лише відмінність його від стандартного  $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  і короткий опис застосування макросу в сучасному  $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ . У ньому, за твердженням розробника, повністю збережено наступність попередніх версій пакета, тобто будь-які інструкції старих реалізацій  $\text{NCC}$  у  $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  працюватимуть нарівні з новими. Наш виклад матеріалу неспроможний претендувати на повноту викладу керівництва з **ncclatex**, так як ми не знайшли цілісного опису всіх макросів та загальної технології їх застосування у доступному друку. Хочеться сподіватися, що він з'явиться найближчим часом.

## 1 $\text{NCC-LAT}_{\text{E}}\text{X}$

Замовлення класу  $\text{NCC}$  здійснюється командою

```
\documentclass[Список опцій]{ncc}.
```

Перша та головна відмінність від «стандартного»  $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  полягає в тому, що підготовка статей, книг і звітів у  $\text{NCC-LAT}_{\text{E}}\text{X}$  здійснюється за допомогою спеціальних опцій, які називаються стилями, класу  $\text{ncc}$  замість використання різних звичайних класів. Клас  $\text{NCC}$  містить 4 стилі дизайну документів, що замовляються такими опціями:

- `article` – стаття;
- `preprint` – препринт. Команда `\preprint{номер}` задає номер препринта. Титул оформляється на окремій сторінці;
- `book` – монографія. Команда `\bookeditor{текст}` дозволяє вставити текст під назвою книги (зазвичай це наукові редактори книги);
- `report` – звіт. Еквівалентний стилю `book` з опцією `oneside`.

Опції `titlepage` і `notitlepage` не використовуються в класі  $\text{ncc}$ . Зовнішній вигляд заголовка на окремій сторінці визначається використовуваним стилем. Стиль статті вказується заголовком, що біжить, а інші визначають заголовок на окремій сторінці. Структура `abstract` визначена у всіх стилях. Вона налаштовується на окремій сторінці, якщо заголовок підготовлений на окремій сторінці.

У всіх стилях оформлення документа, крім `article`, використовується стиль оформлення сторінки `headings`. У стилі `article` використовується `myheadings`.

За замовчуванням встановлюються опції `10pt`, `a4paper`, `article`, `twoside`, `onecolumn`, `final`, `openany`.

Клас встановлює `\unitlength` рівним 1 мм (тобто всі координати в структурі `picture` обчислюються в міліметрах).

## 1.1 Макет сторінки

Клас *NCS* підтримує всі стандартні опції замовлення розміру сторінки: *a4paper*, *a5paper*, *b5paper*, *letterpaper*, *legalpaper*, *executivepaper*, *landscape*. Додатково є опція *a5a4paper*, що застосовується для друку тексту формату A5 на принтері формату A4, що має центровану кишеню введення.

На відміну від стандартних класів, опції замовлення розміру сторінки не змінюють розмірів текстового поля. Розміри текстового поля визначаються за базовим кеглем документа (табл. 1).

Таблиця 1 – Розміри текстового поля

Розмір пункту, пт	Ширина тексту, мм	Висота тексту, мм
10	110	157
11	126.5	199
12	145	233
14	160	240

Щоб перерахувати розміри текстового поля на повну сторінку, використовуйте опцію *fittopage*. Текстове поле вирівнюється по центру сторінки, беручи до уваги також поле заголовка, але відступ зверху коригується так, щоб він становив не більше 1,5 дюймів. Якщо ви хочете центрувати текстове поле з урахуванням розмірів поля маргінальних виносков і нижнього колонтитула сторінки, використовуйте команду

$$\backslash\text{ToCenter}[\text{hfm}]{\text{textwidth}}{\text{textheight}}$$

у преамбулі документа. Необов'язковий параметр *[hfm]* містить будь-яку комбінацію з цих трьох літер, що означають назви полів, які мають бути враховані під час центрування тексту: *h* – враховувати колонтитул (*header*), *f* – враховувати нижній колонтитул (*footer*), *m* – враховувати поле маргінальних виносков. За допомогою цієї команди ви можете змінити ширину і висоту текстового поля та відцентрувати результат на сторінці.

Інший спосіб змінити ширину і висоту – використовувати команду *\FromMargins*. Наприклад, така команда

$$\backslash\text{FromMargins}[\text{hf}]{20\text{mm}}{10\text{mm}}{25\text{mm}}{15\text{mm}}$$

обчислює розміри текстового поля і відступи таким чином, щоб забезпечити відстань 20 мм від лівого краю сторінки, відстань 10 мм від правого краю, відстань 25 мм від верху і відстань 15 мм від низу, припускаючи, що використовуються заголовок і нижній колонтитул. Під час двостороннього друку відстань ліворуч і праворуч міняється місцями для парних сторінок.

## 1.2 Параметри розміру базового кегля

Поряд зі стандартними параметрами розміру базового кегля *10pt*, *11pt* і *12pt*, вводиться параметр розміру *14pt*. У *14 pt* розміри шрифту *\huge* і *\Huge* дорівнюють *\LARGE*.

Іноді стандартні розміри шрифтів, що використовуються в командах розмітки розділів, дещо більші, ніж необхідно. Цей випадок виникає, коли розмір сторінки досить малий або розмір базового шрифту занадто великий. У цьому випадку можна використовувати опцію `small`, щоб зменшити розмір шрифту, який використовується в командах розмітки розділу. Застосовується параметр `14pt`.

### 1.3 Інші параметри

Клас `NC` підтримує такі стандартні опції: `oneside`, `twoside`, `draft`, `final`, `openright` (у стилі `book` новий розділ починається з непарної сторінки, у стилі `article` порожня парна сторінка додається в кінець статті за потреби), `openany` (немає вирівнювання по непарній сторінці), `onecolumn`, `twocolumn`, `openbib`, `fleqn`, `leqno`.

Опція `russian` замовляє кириличний стиль оформлення заголовків, завантажує пакет багатомовної підтримки `Babel` з опцією `russian`, вмикає `\frenchspacing` (без додаткових відбитків після кінця речення) і перевизначає команди `\alph`, `\Alph` на алфавітну нумерацію кирилицею (нумерація латиницею зберігається в командах `\alphlatin`, `\Alphlatin`).

### 1.4 Пакети, що завантажуються ncc класом

Клас `ncc` завантажує безліч пакетів із пакетів `nclatex` і `ncctools`. Наприклад:

- `ncclatex` – є ядром `NC-LATEX`;

- `nccltrus` – завантажується, коли використовується опція `russian`.

Перевизначає назви підписів на кирилиці;

- `nccold` – надає деякі застарілі команди зі старого `NC-LATEX`, а саме `\no`, `\eref`, `\Eq`, `\Eqs`, `\Eqalign`, `\tbox`, `\bbox`, `\tboxed`, `\emline` і `\emlinewidth`;

- `dcouter` – забезпечує динамічні лічильники;

- `desclist` – покращує структуру `description` і надає структуру `desclist` з кращим контролем маркерів в описах;

- `extdash` – надає команди швидкого доступу `\-/, \--`, `\---`, `\=/, \==` і, `and \===` для кращого управління переносами складних слів;

- `nccboxes` – визначає додаткові бокси;

- `nccfloats` – надає команди `\minifig`, `\fig`, `\figs`, `\minitabl`, `\tabl` і `\tabls`, які охоплюють стандартні плаваючі фігури `LATEX` і готують плаваючі матеріали в стилі `NC-LATEX` (текст у плаваючих фігурах `NC-LATEX` розміщують по центру, готують його у форматі `\footnotesize`). Нові функції `\sidefig` і `\sidetabl` спрощують створення плаваючих міні-фігур, розміщених на зовнішній стороні сторінки;

- `nccfoots` – надає команди `\Footnote`, `\Footnotemark` і `\Footnotetext` для ручного керування маркерами виносок;

- `nccmath` – розширює пакет `amsmath` командами `NC-LATEX` для підготовки виключних рівнянь (`\eq`, `\eqs`, `\eqalign`), перевизначає структуру

`eqnarray` для правильної роботи разом з виключними рівняннями  $AMS$ , а також вводить структури `darray`, `fleqn` і `seqn`;

- `nccpic` – є оболонкою для пакета **graphicx** (надає списки розширень для корисних `dvi`-драйверів, вводить команду `\putimage` для сумісності зі старим  $\text{NCC-LAT}_{\text{E}}\text{X}$  і визначає команду `\ipic`);

- `nccsect` – забезпечує поліпшене управління розділами, заголовками та змістами;

- `nccthm` – теореми в стилі  $\text{NCC-LAT}_{\text{E}}\text{X}$  (настроюваний макет, безліч нових функцій);

- `toccenter` – надає команди `\ToCenter` і `\FromMargins`;

- `watermark` – надає водяні знаки.

Клас **ncc** завантажує деякі стандартні пакети  $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ . Це **amsmath**, **graphicx** і **makeidx**. Пакет **babel** також завантажується, якщо використовується опція `russian`.

### 1.5 Нові команди ncc класу

Ми описуємо тут нові команди, представлені тільки в класі **ncc**. Інші нові команди представлені в пакетах збірок *ncclatex* і *ncctools* (більшість із них є спільними для класу **ncc** і пакета **nclatex**).

`\partmark{текст}` використовується для керування мітками верхнього і нижнього колонтитула після нової частини.

`\openrightorany` виконує команду `\clearpage` або `\cleardoublepage` залежно від режиму, обраного в опціях класу (`openright` або `openany`). Якщо створюється порожня парна сторінка, то текст у її колонтитулі буде порожній.

`\AuthorBeforeTitle` and `\TitleBeforeAuthor` керують порядком виведення назви та списку авторів командою `\maketitle`. Використовуються тільки в преамбулі документа. У стилі `article` спочатку йде назва, а потім автори. В інших стилях усе навпаки.

`\noeqbreak`, `\alloweqbreak` керують можливістю розриву сторінки перед виключною формулою. Перша команда забороняє розрив, а друга дозволяє. За замовчуванням діє `\alloweqbreak`.

`\SetTOCStyle{стиль}` задає стиль оформлення змісту, списку рисунків і списку таблиць. Використовується в преамбулі документа. Стиль за замовчуванням порожній. Наприклад, щоб вивести зміст дрібним шрифтом `\small`, слід скористатися командою `\SetTOCStyle{\small}`.

`\setyear{рік}`, `\theyear`: перша команда задає рік, а друга – друкує заданий рік. Команда `\setyear` не змінює лічильник `\year`. За замовчуванням команда `\theyear` друкує поточний рік.

`biblist` – це нова структура:

```
\begin{biblist}[початковий номер]{прототип} . . . \end{biblist}.
```

Задає друк чистого бібліографічного списку без заголовка. Перший необов'язковий параметр встановлює початкове значення лічильника бібліографії. Стиль оформлення бібліографії задається командою `\bibliststyle` (за замовчуванням її значення `\small`). Структура `thebibliography` створена на основі `biblist`.

Додано структуру `theglossary`. Команди `\printindex`, `\see` і `\seealso` завантажуються пакетом **makeidx**. Введено команду `\printglossary`.

Лічильники `figure` і `table` оголошуються динамічно. Стиль їхньої нумерації встановлюється командою `\countstyle` у преамбулі документа. За замовчуванням у стилях `article` і `preprint` встановлено `\countstyle{}`, а в стилях `book` і `report` – `\countstyle{chapter}`. Лічильник рівнянь також управляється командою `\countstyle`.

**Команди, специфічні для стилю `article`.** Три нові команди.

`\setseries{назва}`, `\setvolume{номер тому}` и `\setissue{номер випуску}` керують серією, томом і номером збірника, у якому видається стаття. Ці команди зазвичай задаються в локальному файлі **nccadd.sty**, який автоматично завантажується в стилі `article`. Виведення цієї інформації виконується відповідно командами `\theseries`, `\thevolume`, `\theissue`. У режимі `openright` наприкінці статті за потреби додається порожня парна сторінка.

**Команди, специфічні для стилю `preprint`.** Команда `\preprint{Preprint No}` задає номер препринта. Якщо номер задано, то під титулом препринта буде додано текст.

### Preprint number

**Команди, специфічні для стилів `book` і `report`.** Можна використовувати команди `\frontmatter`, `\mainmatter`, і `\backmatter`.

Команда `\bookeditor{текст}` дає змогу вставляти фрагмент тексту на титульній сторінці під заголовком монографії та списком авторів. Можна керувати способом виведення тега назви розділу в колонтитулі та змісті книги. За замовчуванням цей тег складається з номера розділу. Але можна зробити, щоб перед номером ішов префікс «Розділ». Для цього служить команда `\ChapterPrefixStyle{список}`, у списку якої через кому можна вказувати два слова: `header` і `toc`. Значивши `header`, Ви вмикаєте виведення префікса в колонтитулі, а вказавши `toc`, задаєте виведення префікса в змісті.

## 1.6 Використання незвичайних заголовків із класом `ncc`

Заголовки в класі **ncc** підтримуються дещо інакше, ніж у стандартних класах. Тому, якщо ви хочете використовувати незвичайні заголовки разом із класом **ncc**, введіть

```
\usepackage[список стилів сторінки]{ncchdr}
```

у преамбулу документа. Параметр *список стилів сторінки* (*list-of-page-styles*) повинен містити список стилів сторінки, які необхідно перевизначити, тобто щось із `empty`, `plain`, `headings` і `myheadings`. Останній з перерахованих стилів заодно встановлюється як поточний стиль.

Примітка: стилі `headings` і `myheadings` мають спільну основу в макросі `\NCC`. Зазначивши один із них у параметрах завантаження пакета, Ви автоматично замовляєте лінійку і для іншого. Додатковий незвичайний стиль заголовка сторінки поставляється з пакетом `ncchdr`. Він використовує три знаки заголовка, а саме `\lefttitlemark`, `\titlemark` (у центрі) і `\righttitlemark`. Щоб завантажити цей стиль, використовуйте опцію `title` у пакеті.

Пакет заснований на пакеті `ncfancyhdr` із набору `ncctools`.

## 2 Пакет `ncclatex`

Більша частина класу `ncs` завантажена в пакет `ncclatex`. Щоб забезпечити майже всю функціональність `\NCC-LATEX` за допомогою стандартних класів `LATEX`, ви можете використовувати цей пакет. Пакет також завантажує безліч пакетів. Легше сказати, які пакети він не завантажує зі списку, зазначеного в розділі 1.4. Не завантажуються лише три з них, а саме `nccold`, `tocenter` і `watermark`.

Якщо ви хочете передати додаткові опції пакета, завантаженого з `ncclatex`, задайте його командою `\usepackage` перед завантаженням `ncclatex`.

Пакет `ncclatex` має дві опції: `small` і `ukrainian`. Використання опції `small` забезпечує дрібніший шрифт у командах розмітки секцій. Опція `ukrainian` намагається завантажити пакет `babel` з необов'язковим параметром `[ukrainian]`, перевизначає підписи математичних тверджень українською мовою, завантажуючи пакет `pscltrua`, та перевизначає команди `\alph` та `\Alph` для створення українських буквено-цифрових чисел. Оригінальні латинські змінні буквено-цифрової нумерації зберігаються в `Alphatin` та `Alplatin`. Пакет встановлює `\unitlength` рівним 1 мм (міліметри – одиниці за замовчуванням у `\NCC-LATEX`).

### 2.1 Розділи, заголовки та зміст у `\NCC-LATEX`

#### 2.1.1 Розділи

Команди розмітки розділів рівня 0 і вище перевизначаються за допомогою пакета `ncsect` з `ncctools` (команда рівня 0 – `\chapter` або `\part` залежно від використовуваного класу; команди вищих рівнів – `\section`, `\subsection`, . . . . , `\subparagraph`). Усі команди розмітки секцій поділяються на дві категорії: виключні секції (до `\subsubsubsection`) і активні секції (`\paragraph` і `\subparagraph`).

Пакет використовує плаваюче горизонтальне вирівнювання для виключних секцій, яким управляють за допомогою



`\sectionstyle{стиль},`

де *стиль* – один із таких варіантів:

- `hangindent`      стандартний стиль  $\LaTeX$ ;
- `hangindent*`     аналогічно попередньому, але без правого вирівнювання;
- `parindent`         рубрики вимкнені на величину параграфного відступу;
- `parindent*`        аналогічно попередньому, але без правого вирівнювання;
- `center`             рубрики центруються.

Команди `\indentaftersection` і `\noindentaftersection` керують відступом після секцій. Пакет **nccsect** встановлює стиль і абзац на стандартні значення  $\LaTeX$  за замовчуванням, `\sectionstyle{hangindent}` і `\noindentaftersection`. Але пакет **ncclatex** використовує `\sectionstyle{hangindent*}`.

Пакет **nccsect** істотно покращує управління номерами секцій, тегів назви розділів і записом в *aux*-файл:

- якщо Ви не хочете поміщати текст рубрики в колонтитул, напишіть `\norunninghead` перед командою рубрикації;

- якщо Ви хочете замінити текст, що йде у колонтитул, на інший текст, використовуйте команду `\runninghead{інший текст}`;

- якщо Ви хочете зробити нумеровану рубрику, яка з'явиться в колонтитулі та змісті документа, скористайтеся модифікатором `\noheadingtag`. Зверніть увагу, що текст використаної команди потрапляє в тег назви розділу і в *aux*-файл. Це простіший спосіб створення розділу без номера, який має з'явитися в змісті та в заголовку;

- якщо Ви хочете оформити рубрику з нестандартним номером і помістити її в колонтитул і зміст, скористайтеся командою `\headingtag{інший номер}`. Зверніть увагу, що замінений номер іде і в тег назви, розділу, і в *aux*-файл. Він повинен містити тільки надійні команди. Крихіткі команди в ньому мають бути захищені командою `\protect`. Лічильник рубрики в цьому випадку не змінюється;

- якщо Ви хочете повністю підмінити оформлення номера рубрики або підпису (включно з префіксом і суфіксом, що автоматично вставляються командами розмітки розділів і підписів) на власне оформлення, скористайтеся командою `\headingtag*{інший номер}`. При цьому текст рубрики не надходить в колонтитул і зміст;

- якщо Ви хочете заборонити запис рубрики в зміст, підпис або *aux*-файл, використовуйте модифікатор `\skipwritingtoaux`.

### 2.1.2 Заголовки

Команда `\caption`, корисна для плаваючих елементів, також перевизначена в пакеті **nccsect**. Метод створення підпису внутрішньо відрізняється від стандартного методу. У ньому можна використовувати команди переведення рядка, але

переконайтеся, що переведення рядка в підписі не йде в аух-файл (використовуйте необов'язковий параметр з `caption` для визначення аргументу, що йде в аух-файл). Команду `\centering` можна використовувати в заголовках без побоювань (вона автоматично пригнічується під час запису в аух-файл). Команда `\caption*` дає змогу створити підпис без номерного тега (слова «Рисунок» або «Таблиця» належать до тега!). Текст такого напису не потрапляє в аух-файл.

Пакет визначає *різні* команди підписів для таблиць і рисунків. Назва таблиці зазвичай розташовується над таблицею. Тому вертикальний пропуск після назви таблиці необхідний, а пропуск перед назвою таблиці не потрібний. Підпис до рисунка зазвичай розташовується під рисунком. У цьому випадку вертикальні пропуски відрізняються: пропуск перед рисунком необхідний, а пропуск після рисунка не потрібен. Саме з цієї причини підписи до таблиць і рисунків оформляють по-різному.

### 2.1.3 Зміст

Управління змістами також перевизначено в пакеті **nccsect**. Кожен пункт змісту задається двома параметрами: лівим полем і значенням відступу. Пакет **nccsect** обчислює ліве поле для пункту змісту шляхом підсумовування пропусків полів, визначених у пунктах змісту нижчих рівнів. Наприклад, якщо набирається пункт 2-го рівня, то його ліве поле дорівнюватиме сумі відступів, визначених у пунктах 0-го і 1-го рівнів. Це набагато гнучкіший спосіб, ніж стандартний, у якому ліве поле кодувалося тільки в `toc`-команді.

Пропуск полів і пропуск відступу визначаються за допомогою методу прототипу. Цей метод забезпечує дуже простий спосіб повторного оголошення змісту. Наприклад, якщо у вашій книзі не більше 9 розділів, а в деяких розділах більше 9 підрозділів, ви можете переформулювати пункт змісту підрозділу таким чином:

$$\backslash\text{DeclareTOCEntry}\{2\}\{\}\{9.99\}\{[9.99]\}.$$

Ця команда містить такі параметри: рівень пункту, дію, яка застосовується перед пунктом (наприклад, можна вставити вертикальний пропуск), префікс перед номером пункту (наприклад, знак розділу), прототип числа для обчислення відступу, а також стиль, який застосовується до пункту змісту. Шостий необов'язковий параметр у квадратних дужках використовується для розрахунку пропуску полів для пункту наступного рівня. Якщо він опущений, то пропуск дорівнює значенню відступу для цього пункту.

### 2.1.4 Команди персоналізації

На закінчення ми покажемо команди персоналізації з їхніми значеннями за замовчуванням для пакета **ncclatex**:

– `\SectionTagSuffix{\hskip .6em}` – це суфікс, що вставляється після тега номера розділу (за винятком розділів 0-го рівня). Числа в розділах у **NCC-LATEX** закінчуються десятковою крапкою;

– `\CaptionTagSuffix{\hskip .6em plus .2em minus .1em}` – це суфікс, що вставляється після тега номера підпису;

– `\NumberlineSuffix{\hskip .6em}{\hskip .4em}` описує 2 суфікси: перший використовується під час розрахунку відступів змісту, а останній вставляють після цифри в абзацах змісту. Останній суфікс зазвичай вужчий, ніж перший. Це дозволяє зменшити відстань між номером і текстом, якщо ширина номера дещо перевищує ширину прототипу. Примітка: команда `\numberline` зі стандартного L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X модифікована в пакеті **nccsect**, щоб запобігти накладенню тексту на число, якщо число ширше, ніж значення відступу;

– `\PnumPrototype{99}` – це прототип номера сторінки, що використовується для розрахунку правого поля в змісті. За замовчуванням передбачається, що книга містить не більше 99 сторінок. Щоб змінити ширину номера сторінки на 3-значний прототип, використовуйте команду `\PnumPrototype{999}`.

## 2.2 Теореми в NCC-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Пакет **ncclatex** визначає низку математичних операторів, використовуючи пакет **nccthm** з пакета *ncctools*. Для пояснення можливостей пакета **nccthm** необхідний короткий вступ. У цьому розділі для простоти ми називаємо всі математичні твердження теоремами.

### 2.2.1 Огляд

У математичних манускриптах корисні два способи нумерації теорем. У звичайному режимі номер іде після назви теореми (наприклад, **Theorem 1**, **Example 1**, **Theorem 2**, тощо). У цьому режимі теорема з різними назвами зазвичай нумеруються незалежно одна від одної. Інший режим вимагає наявності номера перед назвою теореми. Ми називаємо цей режим стилем *apar*. У стилі *apar* теорема з різними назвами нумеруються послідовно (наприклад, **1 Theorem**, **2 Example**, **3 Theorem**, тощо). Обидва режими можна змішувати в одному манускрипті.

Теореми з різними заголовками можуть бути показані по-різному. Наприклад, твердження «Теорема» показується з напівжирним заголовком і курсивним тілом (comment після заголовка оформляється звичайним шрифтом). А твердження «Приклад» може бути показано з курсивним заголовком і звичайним шрифтом. Подання нових теорем ми називаємо *типом теореми*. Пакет **nccthm** надає два типи теорем за замовчуванням – `theorem` і `remark`. Можна створювати нові типи теорем і перевизначати наявні.

Наступним параметром теорем є стиль відступів. Теорема може відкривати новий абзац без відступів (поведінка за замовчуванням) і з абзацними відступами. Номер теореми в стилі *apar* може відображатися на полях. Стиль відступів регулюється опціями `indent`, `noindent`, `margin` і `nomargin` пакета **nccthm**.

Останнім параметром теорем є стиль розриву. Переведення рядка може бути використано після заголовка теореми (включно з коментарем). Стиль розриву і відсутності розриву може бути закодований у теоремах під час їхнього визначення за допомогою перемикачів `\TheoremBreakStyle` і `\TheoremNoBreakStyle` перед визначенням або перевизначенням теорем (на відміну від стандартного L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, для перевизначення теорем передбачена команда `\renewtheorem`). Стиль розриву окремої теореми може бути змінений на льоту за допомогою команд `\breakafterheader` і `\nobreakafterheader`, вставлених перед теоремою.

Усі описані властивості теорем забезпечуються пакетом **nccthm**. Більше того, лічильники, що використовуються в теоремах, оголошені як динамічні лічильники (див. пакет **dcounter** з *ncctools*). Динамічний лічильник створюється під час першого використання. Таким чином, простір лічильних регістрів T<sub>E</sub>X не зайнятий марними лічильниками (це дуже важливо, оскільки кількість лічильників обмежена). Використовуючи динамічні лічильники, автор пакета може без проблем підготувати кілька зумовлених теорем. Оскільки динамічний лічильник створюється при першому використанні, користувач може контролювати стиль нумерації для нього. Для цього використовується команда `\countstyle{базовий лічильник}`. Базовий лічильник (*base-counter*) – це ім'я лічильника, якому має бути підпорядкований новостворений динамічний лічильник. Порожній параметр означає відсутність підпорядкування. Таким чином, зміна стилю нумерації для всіх теорем у манускрипті виконується всього однією командою! Якщо деякі лічильники повинні мати певний стиль рахунку, ви можете створити їх вручну або за допомогою команди `\countstyle` з необов'язковим параметром

$$\backslash\countstyle[\text{list-of-counters}]\{base-counter\}.$$

Ця команда створює нові лічильники зі списку, розділеного комами, і підпорядковує всі лічильники в списку базовому лічильнику (*base-counter*). Її можна використовувати і для наявних лічильників, якщо ви хочете *змінити* їхню підпорядкованість іншому лічильнику. Наприклад, використовуючи

$$\backslash\countstyle[section]\{\}$$

у книзі ми відкидаємо підпорядкування лічильника підрозділів лічильнику розділів.

### 2.2.2 Попередньо визначені теореми

Пакет **ncclatex** визначає *вісім* теорем у *трьох* формах кожна: теореми з автоматичною нумерацією, теореми з ручною нумерацією і теореми в стилі *apar*. Усі теореми можна використовувати двома способами: як структури і як команди. У командному стилі вони повинні завершуватися іншою теоремою або командою `\qef`, або `\qed`. Команда `\qef` завершує абзац, вставляє

відповідний вертикальний пробіл і повертає форму шрифту до звичайної. Команда `\qed` зазвичай завершує доведення теореми. Вона друкує символ `qed` (білий квадрат), вирівняний на праве поле, і викликає команду `\qef`. Команда `\qed*` друкує тільки символ `qed`.

### 2.2.3 Теореми з автоматичною нумерацією

Ми показуємо використання цих теорем у стилі оточення.

```
\begin{theorem}[Comment]    body    \end{theorem},
\begin{lemma}[Comment]     body    \end{lemma},
\begin{proposition}[Comment] body    \end{proposition},
\begin{corollary}[Comment]  body    \end{corollary},
\begin{definition}[Comment] body    \end{definition},
\begin{statement}[Comment]  body    \end{statement},
\begin{example}[Comment]    body    \end{example},
\begin{remark}[Comment]     body    \end{remark}.
```

У структурному стилі кінець теореми еквівалентний команді `\qef`. Імена лічильників збігаються з іменами структур. Перші 4 структури готуються з використанням типу `theorem`, а останні 4 структури – з використанням типу `remark`.

### 2.2.4 Теореми з ручною нумерацією

Ми показуємо використання цих теорем у стилі оточення `also`.

```
\begin{Theorem}{Number}[Comment]    body    \end{Theorem},
\begin{Lemma}{Number}[Comment]     body    \end{Lemma},
\begin{Proposition}{Number}[Comment] body    \end{Proposition},
\begin{Corollary}{Number}[Comment]  body    \end{Corollary},
\begin{Definition}{Number}[Comment]  body    \end{Definition},
\begin{Statement}{Number}[Comment]   body    \end{Statement},
\begin{Example}{Number}[Comment]     body    \end{Example},
\begin{Remark}{Number}[Comment]      body    \end{Remark}.
```

Якщо параметр *Number* порожній, то друкується твердження без номера. Ці команди взагалі не використовують лічильники. Тип оформлення цих тверджень аналогічний попередньому.

Кожен тип теореми має відповідну команду `\like type`, що використовується для підготовки теорем цього типу. Якщо необхідно оформити нестандартне твердження як теорему, то можна скористатися командою `\liketheorem`:

```
\liketheorem{Title}{Number}[Comment] body \qef.
```

Для оформлення твердження як зауваження, є команда `\likeremark`.

```
\likeremark{ Title}{Number}[Comment] body \qef.
```

### 2.2.5 Теореми в стилі **apar**

Ми показуємо застосування цих теорем у командному стилі.

```

\atheorem[Comment]    body    \qef,
\alemma[Comment]     body    \qef,
\aproposition[Comment] body    \qef,
\acorollary[Comment]  body    \qef,
\adefinition[Comment] body    \qef,
\astatement[Comment]  body    \qef,
\anexample[Comment]   body    \qef,
\aremark[Comment]     body    \qef.

```

Усі ці твердження нумеруються за допомогою динамічного лічильника `apar`. Типи подання для цих теорем такі самі, як і для відповідних теорем з автоматичною нумерацією. Зіркоподібні форми команд `\liketheorem` і `\likeremark` використовуються для підготовки варіантів математичних тверджень. Вони не мають параметра номера:

```

\liketheorem*{Title}[Comment] body \qef,
\likeremark*{Title}[Comment] body \qef.

```

Є ще команда `\apar`, що дає змогу почати новий нумерований параграф із заданим заголовком або без нього:

```
\apar[Header].
```

Він починає новий абзац, пронумерований наступним значенням лічильника `apar`. Заголовок виділено жирним шрифтом.

### 2.2.6 Команда доведень і підтримка різних **qed** символів

Оформлення доведень виконується за допомогою команди `\proof[Comment]`. Завершується доведення зазвичай командою `\qed`. Наприклад, команда

```
\proof[теореми 1] Деякий текст \qed
```

виглядає наступним чином: **Доведення теореми 1.** Деякий текст.

Поряд з `\qed`, команда `\qedsymbol` може бути використана в тому випадку, коли доведення завершується виключною формулою. Вона набирається за допомогою команди *AMS* `\tag*{\qedsymbol}` всередині виключної формули.

Пакет **nccthm** тепер дає два варіанти символу `qed` – білий і чорний. Вони запитуються через опції пакета `whiteqed` і `blackqed` відповідно. Коли використовується опція, для неї створюються ще дві команди: `\option` і `\optionsymbol`. Наприклад, опція `whiteqed` генерує команди `\whiteqed` і `\whiteqedsymbol`, а опція `blackqed` генерує команди `\blackqed` і `\blackqedsymbol`. Остання опція в списку опцій описує символ `qed` за

замовчуванням. Якщо опції не використовуються, генеруються тільки команди `\qed` і `\qedsymbol`. Інші `qed` символи також вітаються.

### 2.2.7 Команди персоналізації

На закінчення ми покажемо команди персоналізації з їхніми значеннями за замовчуванням для пакета **ncclatex**.

`\TheoremCommentDelimiters{}}` описує роздільники, що вставляються до і після коментаря теореми. У пакеті **nccthm** використовуються круглі дужки, а в пакеті **ncclatex** роздільники порожні.

`\AfterTheoremHeaderChar{.}` описує символ, що вставляється наприкінці заголовка теореми і доведення.

`\AfterTheoremHeaderSkip{\hskip .7em plus .2em minus .1em}` описує горизонтальний пропуск, вставлений після заголовка теореми і доведення.

`\AparStyleParameters{\bfseries}{\bfseries}{.enskip}` описує параметри стилю для підготовки `apar` теореми: перший параметр – стиль, який використовується в команді `\apar`, другий і третій параметри описують префікс і суфікс, які вставляють до та після команди `\theapar` під час верстки.

`\ProofStyleParameters{\bfseries}{\proofname}` описує параметри стилю, які використовуються в команді `\proof`: перший – стиль шрифту, останній – заголовок доведення (його закодовано тут у команді `\proofname` з визначенням за замовчуванням `\newcommand\proofname{Proof}`).

### 2.3 Математичне розширення

У старому **NC<sup>2</sup>-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X** для підготовки виключних формул використовувалися стандартні структури **L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X**, а для підтримки ручної нумерації були розроблені деякі команди розширення. У новому випуску **NC<sup>2</sup>-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X** було вирішено використати чудове математичне розширення, що поставляється з пакетом **amsmath**, і дещо удосконалити його. Розширення пакета **AMS** представлено пакетом **nccmath**. Пакет **nccmath** передає всі опції пакета **amsmath**.

Було зроблено два великих розширення:

– структура **eqnarray** в **amsmath** залишена без змін, оскільки існують альтернативні середовища **AMS**. Ми перевизначили `eqnarray` для роботи в стилі **AMS**. У ньому було зроблено такі поліпшення: тег рівняння готується так само, як у виключних формулах **AMS** (дозволено `\tag` і `\tag*`); дозволено команду `\displaybreak`; міжстовпчикова відстань зменшена до відстані між звичайними та реляційними математичними символами; центральне поле підготовлено в `\displaystyle`;

– у старому стилі **NC<sup>2</sup>-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X** був еквівалент структури `array`, що називався `darray`, який призначався для оформлення масиву формул у стилі `\displaystyle`. У новій реалізації ця структура теж є, але вона повністю

перероблена і виконана незалежною від `array` (для сумісності з іншими пакетами, в яких структура `array` перевизначається). Нова імплементація дещо відрізняється від старої: у параметрі специфікації стовпчиків у структурі `darray` можна використовувати тільки команди `l`, `c`, `r`, `@`, `*`; міжстовпчикова відстань зменшена та дорівнює величині відступу, характерного для символів операцій порівняння; величини відступів перед першим і після останнього стовпчика за замовчуванням дорівнюють нулю.

### 2.3.1 Еквіваленти виключних формул у $\text{NCC-L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$

Наступні еквіваленти  $\text{NCC-L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  надаються разом із `nccmath`:

```
\eq{formula} = \begin{equation} formula \end{equation},
\eq*{formula} = \begin{equation*} formula \end{equation*},
\eqs{formulas} = \begin{eqnarray} formulas \end{eqnarray},
\eqs*{formulas} = \begin{eqnarray*} formulas \end{eqnarray*},
\eqalign{formulas} = \begin{equation} \begin{darray}{rcl} formulas
\end{darray} \end{equation},
\eqalign*{formulas} = \begin{equation*} \begin{darray}{rcl} formulas
\end{darray} \end{equation*}.
```

Команди `\eqs` і `\eqs*` мають додатковий параметр, що керує відстанню між стовпцями масиву формул. Наприклад, команда

$$\backslash\text{eqs}[0\text{mm}]\{\&\& -\Delta u = f, \backslash\&\& u | \_ \backslash\Gamma = 0,\}$$

обнуляє міжстовпцеву відстань, оскільки два перші стовпці в цій формулі не використовуються. Структура `eqnarray` не має додаткового параметра.

Команди `\eqalign` і `\eqalign*` також мають додатковий параметр. Він означає специфікацію стовпців у формулі:

$$\backslash\text{eqalign}\{formulas\} = \backslash\text{eqalign}[rcl]\{formulas\}.$$

### 2.3.2 Зауваження щодо виключних рівнянь

Стиль вирівнювання у виключних рівняннях (крім низькорівневого `$$` у  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ) можна змінити за допомогою таких структур:

$$\backslash\text{begin}\{fleqn\}[margin] body \backslash\text{end}\{fleqn\},$$

$$\backslash\text{begin}\{ceqn\} body \backslash\text{end}\{ceqn\}.$$

Структура `fleqn` встановлює вирівнювання по лівому краю з лівим відступом, заданим необов'язковим параметром (за замовчуванням відступ дорівнює `0pt`). Структура `ceqn` задає вирівнювання по центру.

Команда `\intertext` з `amsmath` тепер має необов'язковий параметр,

$$\backslash\text{intertext}[skip]\{текст між формулами\}.$$



Пропуск – це значення вертикального пропуску, що вставляється до і після тексту. Якщо він опущений, задаються стандартні пробіли.

У  $\text{\LaTeX}$  не рекомендується починати виключну формулу з нового абзацу (іншими словами, у вертикальному режимі). Це пов'язано з тим, що алгоритм  $\text{\TeX}$  вставляє порожній абзац перед такою формулою. Щоб уникнути вставки порожнього абзацу, Дональд Кнут рекомендував використовувати команду  $\text{\noindent}$  перед формулою відображення, що починається у вертикальному режимі. Цей трюк використовується в пакеті **nccmath**. Усі середовища відображення дещо коригуються, якщо в їхній початок вставити команду  $\text{\NCC@ignorepar}$ . Ця команда робить більше, ніж просто застосовує цей трюк. Вона забезпечує заборону вертикального пробілу перед виключною формулою, якщо вона відкриває міні-сторінку. Крім того підтримує використання короткого пропуску над виключною структурою за запитом користувача.

У  $\text{\TeX}$  використовуються два типи пропусків над виключними формулами: звичайний пропуск, визначений у реєстрі  $\text{\abovedisplayskip}$ , і короткий пропуск, визначений у реєстрі  $\text{\abovedisplayshortskip}$ . Коли набирається виключна формула,  $\text{\TeX}$  вирішує, який пропуск вставити у залежності від ширини формули, її стилю (відцентрована або вирівняна за лівим краєм, нумерована зліва чи справа) і ширини решти тексту в останньому рядку попереднього абзацу. Але цей алгоритм працює тільки для звичайних формул. Він не працює в багаторядкових формулах, підготовлених за допомогою команди  $\text{\halign}$ . Тому в деяких випадках потрібна ручна заміна звичайного пропуску на короткий. Для цього в пакет **nccmath** введено команду  $\text{\useshortskip}$ . Вона змушує використовувати короткий пропуск у наступній за ним виключній формулі.

### 2.3.3 Інші математичні команди

Наступні математичні команди перейшли зі старого макросу  $\text{NCC-L\TeX}$ .

$\text{\nr}$  має точно такий самий синтаксис, як команда  $\text{\}$ , але вставляє додаткову відстань у  $0.5ex$ . Ця команда часто використовується в масивах виключних формул для додаткового розсування деяких рядків.

$\text{\mrel}{рядки}$  створює новий математичний символ із категорії символів відношення за допомогою одностовпцевої таблиці.


Наприклад,

$$\text{\mrel}{<\ \ [-.7ex]>}$$

виводить .

$\text{\underrel}{base}{bottom}$  служить двійником до команди  $\text{\overrel}$ .

Наприклад,

$$\text{\$A\underrel{\longrightarrow}{x\to 0}B\$}$$
 виводить .

## 2.4 Рисунки та таблиці в $\text{NCC-L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$

У стандартних класах  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  плаваюче оформлення рисунків і таблиць виконується в структурах `figure` і `table`. Ці структури забезпечують плаваюче розміщення, але не задають стиль оформлення. У макросі  $\text{NCC-L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  стиль оформлення задається спеціальними засобами в основному за допомогою надбудови додаткових команд над командами плаваючого оформлення. Ці команди впроваджені в пакет **nccfloats** з пакета **ncctools**.

### 2.4.1 Базові команди

Команда `\FloatingStyle{style}` визначає стиль оформлення малюнків і таблиць. Він впливає на матеріал, підготовлений за допомогою команд, описаних нижче. За замовчуванням у макросі  $\text{NCC}$  встановлено стиль

$$\backslash\text{FloatingStyle}\{\backslash\text{footnotesize}\backslash\text{centering}\}.$$

Базові команди `\minifig` і `\minitabl` забезпечують підготовку матеріалу у вигляді міні-сторінки і дозволяють використання команди `\caption` всередині. Синтаксис цих команд відповідає розширеному синтаксису команди `\parbox`:

$$\begin{aligned} &\backslash\text{minifig}[pos][height][inner-pos]\{width\}\{body\}, \\ &\backslash\text{minitabl}[pos][height][inner-pos]\{width\}\{body\}. \end{aligned}$$

Параметр *pos* задає вертикальне вирівнювання (t, b або c) щодо навколишнього тексту; параметр *height* задає необхідну висоту міні-сторінки; параметр *inner-pos* визначає вертикальне вирівнювання вмісту всередині міні-сторінки (t, b, c або s); нарешті, параметр *width* задає ширину міні-сторінки. Тіло плаваючого елемента оформляють відповідно до заданого стилю, воно може містити команду `\caption` всередині.

Решта команд плаваючих розширень  $\text{NCC-L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  засновані на `\minifig` и `\minitabl`.

### 2.4.2 Оформлення з обтіканням

Для невеликих малюнків і таблиць краще вставляти їх усередину тексту, а не використовувати плаваючий механізм. За правилами української поліграфії в режимі обтікання рисунок має розташовуватися на зовнішньому боці сторінки (зліва – на парній і праворуч – на непарній сторінці за двостороннього друку). За одностороннього друку рисунки і таблиці мають займати правий бік аркуша паперу. Таке розміщення забезпечується такими командами:

$$\begin{aligned} &\backslash\text{sidefig}[pos](w1)(w2)\{figure\ body\}\{text\ body\}, \\ &\backslash\text{sidefig}^*[pos](w1)(w2)\{figure\ body\}\{text\ body\}, \\ &\backslash\text{sidetabl}[pos](w1)(w2)\{table\ body\}\{text\ body\}, \\ &\backslash\text{sidetabl}^*[pos](w1)(w2)\{table\ body\}\{text\ body\}. \end{aligned}$$

Для простоти надалі ми використовуємо термін *minifloat* для невеликого ілюстративного матеріалу (рисунок або таблиця), розуміючи, однак, що це зовсім не float. Він вставляється в основний потік поруч із рамкою абзацу, зазначеною в останньому параметрі описаних вище команд.

Команди без зірочки розміщують minifloat поруч із зазначеним текстом на зовнішній стороні сторінки (праворуч для непарної сторінки та ліворуч для парної). У двоколонковому або одноколонковому режимі minifloat завжди розташовується праворуч. Форми із зірочками забезпечують зворотне розташування. За замовчуванням minifloat центрується по вертикалі відносно тексту, а команду `\strut` вставляють на початку та наприкінці *text body*, щоб забезпечити нормальний інтерліньяж із рядками тексту, що обтікають таку команду зверху та знизу.

Усі параметри в квадратних і круглих дужках необов'язкові. Їхнє призначення:

- *pos* визначає вертикальне вирівнювання плаваючого елемента щодо тексту (t, b або c; за замовчуванням c). Може також містити додаткові літери: j означає розтяжку останнього рядка тексту (використовується, якщо параграф продовжується поза елементом з обтіканням), n скасовує вставку розпірок (вони повинні вставлятися вручну, якщо необхідно);

- *w1* задає ширину плаваючого елемента (число) в міліметрах (в одиницях `\unitlength`, які в макросі `\NCS` дорівнюють міліметрам);

- *w2* задає ширину текстового боксу в міліметрах.

Якщо обидва параметри ширини опущені, то ширини тексту і плаваючого елемента дорівнюватимуть  $(\text{\linewidth}-1.5\text{em})/2$ . Якщо *w2* відсутній, то ширина текстового боксу обчислюється як  $\text{\linewidth}-w1-1.5\text{em}$ .

Під час підготовки плаваючих елементів з обтіканням іноді потрібно знати, де саме опиниться плаваючий елемент, – зліва чи справа, і виконувати дещо різне оформлення в різних випадках. Команда

$$\text{\ifleftsidefloat}\{left\text{-}clause\}\{right\text{-}clause\}$$

дає таку інформацію. Це корисно: параметри `\sidefig` або `\sidetabl` обробляють лівий пункт, якщо інше речення minifloat розміщено ліворуч або праворуч.

### 2.4.3 Плаваюче оформлення рисунка або таблиці

$$\begin{aligned} &\text{\fig}[placement](w)\{body\}, \\ &\text{\fig}^*[placement](w)\{body\}, \\ &\text{\tabl}[placement](w)\{body\}, \\ &\text{\tabl}^*[placement](w)\{body\}. \end{aligned}$$

*placement* – це параметр розміщення плаваючого елемента, який описує місце, де може з'явитися плаваючий елемент. Значенням за замовчуванням є `htp` (тут, або вгорі наступної сторінки, або на сторінці тільки з плаваючими числами). Необов'язковий параметр (*w*) визначає ширину прямокутника, що

займає float (ширина вкладеного) `\minifig` або `\minitabl`). Якщо його опустити, то максимальна ширина float дорівнює `\linewidth`. Команди `\fig i` `\tabl` включають середовища фігури та таблиці відповідно. Їхнє місце розташування огортають відповідні навколишні середовища.

Команди `\fig i` `\tabl` суть надбудови над структурами `figure i` `table`. Їхні \*–форми є надбудовами над \*–формами цих структур, тобто використовуються під час оформлення плаваючих елементів, що займають всю ширину сторінки у двохстовпцевій моді.

#### 2.4.4 Плаваюче оформлення пари рисунків або таблиць

```
\figs[placement](w1)(w2){body1}{body2},
\figs*[placement](w1)(w2){body1}{body2},
\tabls[placement](w1)(w2){body1}{body2},
\tabls*[placement](w1)(w2){body1}{body2}.
```

Ці команди розміщують дві фігури або таблиці поруч. *Body1* є тілом лівої фігури або таблиці, а *body2* – тілом правої фігури або таблиці. Інші параметри не є обов'язковими. Параметр *placement* має той самий сенс, що й вище, а параметри (*w1*) і (*w2*) задають ширину лівого і правого плаваючого елементів. Якщо обидва параметри опущені, ліве і праве поля матимуть ширину, яка дорівнює  $(\text{\linewidth}-1\text{em})/2$ . Якщо параметр (*w2*) опущено, праве поле займатиме залишок горизонтального простору мінус 1em. Якщо вказані обидва параметри, простір, що залишився, буде вставлено між комірками. Якщо загальна ширина лівого і правого плаваючого елементів перевищує `\linewidth`, вони будуть перекриватися в середині рядка (між ними буде вставлено від'ємне значення горизонтального простору).

У команді `\tabls` поля лівого і правого тіла вирівнюються зверху, а в команді `\figs` використовується нижнє вирівнювання.

#### 2.4.5 Графіка в $\text{\LaTeX}$

Пакет **nccpic** із *ncctools* реалізовано на базі стандартного пакета **graphicx**.

Основною метою пакета **nccpic** є підготовка списку графічних розширень залежно від dvi-драйвера, що використовується з пакетом **graphicx**. Це дає змогу не вказувати розширення файлу в команді `\includegraphics`. Коли знаходиться файл без розширення, ця команда послідовно перебирає розширення зі списку, поки не буде знайдений відповідний файл.

Використовуючи цю можливість, ви можете підтримувати множинний висновок з  $\text{\LaTeX}$  з мінімальними змінами у вихідних кодах `.tex`. Єдине, що потрібно, це підготувати кілька версій для всіх графічних файлів, що викликаються в документі. Наприклад, програмі `dvips` подобаються файли `.eps`, а програмі попереднього перегляду `Yap` – файли `.bmp` або `.eps`, `pdflatex` –

файли .png. Щоб задовольнити їхні потреби, ви можете підготувати .eps, версії .bmp і .png для всіх зображень і передати необхідний параметр пакета **nccpic**.

Список графічних розширень тепер адаптовано для більшості популярних драйверів, а саме dvips, dvipdf, і dvipdfm, а також для використання з pdftex. Більше персоналізації вітається!

Наступна мета пакета **nccpic** – регулювання розміщення графічних файлів у файлової системі. Занадто незручно, коли рисунки зберігаються разом із вихідними файлами .tex. Ми пропонуємо зберігати графічні файли в підкаталозі graphics каталогу вихідних кодів. Для підтримки пошуку в цьому сховищі шлях до графіки налаштовується в пакеті **nccpic**.

У пакеті **nccpic** представлено такі команди:

- `\ipic{filename}` завантажує файл з іменем *filename.pic* з піддиректорії graphics. У старій версії макроса  $\TeX$ СADi .pic файли або містили картинки, підготовлені в  $\TeX$ СADi, або команду `\putimage` вставки графічного об'єкта;

- `\putimage(x, y)[x_r, y_r](x_s, y_s){filename}` емулює команду вставки графіків у стилі старого макроса  $\TeX$ С. Більш повний опис команди знаходиться в пакеті **nccpic**;

- `\draftgraphics`, `\finalgraphics` перемикають режим виведення графічних об'єктів. У режимі `\draftgraphics` замість графічного об'єкта малюється прямокутник потрібних розмірів, а в режимі `\finalgraphics` графічний файл вставляється в текст документа. Зазначимо, що опції `draft` і `final` команди `\documentclass` включають режими `\draftgraphics` і `\finalgraphics` відповідно. Саме тому останні команди було додано в макрос  $\TeX$ С, щоб можна було гнучкіше керувати режимом виведення графічних об'єктів. Зазначимо також, що в драфтовому режимі команда `\putimage` не перевіряє, чи існує вказаний графічний файл чи ні.

*Примітка: Якщо Ви плануєте конвертувати документ у формат pdf і хочете намалювати малюнок у  $\TeX$ СADi, то не використовуйте режим `etlines` у ньому, оскільки транслятор `pdflatex` не розуміє графіки `et $\TeX$` .*

## 2.5 Додаткові бокси

Макрос  $\TeX$ С завантажує пакет **nccboxes** із комплекту *ncctools*, що визначає додаткові бокси:

- `\jhbox{прототип}[align]{текст}` розміщує *текст* у боксі, ширину якого задано параметром *прототип*. Додатковий параметр *align* задає вирівнювання (l, c, r або s; за замовчуванням c);

- `\jvbox{прототип}[align]{текст}` зсуває текст по вертикалі, використовуючи для вирівнювання «підпорку», визначену вертикальними розмірами *прототипу*. Додатковий параметр *align* задає вертикальне вирівнювання відносно підпорки (t, c або b; за замовчуванням c): t означає

вирівнювання висоти (верху) тексту і підпорки, *b* – вирівнювання глибини (низу) тексту і підпорки, *c* – центрування тексту відносно підпорки. Результуюча висота і глибина боксу обчислюються як максимум між відповідними параметрами підпорки і вирівняного по ній тексту;

– `\jparbox{прототип}[align]{ширина}{тіло}` формує параграфний бокс потрібної *ширини* та вирівнює його вертикально відносно *прототипу* у такий самий спосіб, як і в команді `\jvbox`;

– `\rbox[align]{тіло}` реалізує просту одностовпцеву таблицю без обведення і відступів. Параметр *align* може складатися з двох літер, що визначають горизонтальне вирівнювання тексту всередині стовпця (*l*, *c* або *r*) і вертикальне вирівнювання таблиці щодо навколишнього тексту (*t*, *c* або *b*). Вирівнювання по центру встановлено за замовчуванням. Наприклад, команда `\rbox[l]{...}` еквівалентна команді

$$\backslash\begin{tabular} [t]{@{}l@{}}...\backslash\end{tabular}$$

– з одним маленьким винятком, що відстань між рядками в таблиці `\rbox` не залежить від значення `\arraystretch`;

– `\addbox{зверху}{знизу}{текст}` створює бокс, висота якого збільшена на величину, задану параметром *зверху*, глибина якого збільшена на величину *знизу*. Наприклад, `\addbox{.5ex}{.5ex}{text}` збільшує висоту і глибину боксу на *0.5ex*

$$\backslash\picbox{body} = \backslash\begin{picture}(0,0)(0,0) body \backslash\end{picture}.$$

Для підготовки «красивих» таблиць можна використовувати такі команди:

– `\Strut/число/` задає підпорку, висота і глибина якої обчислюються на основі прототипу (літери *A*) наступним чином: якщо *число* >0, то висота підпорки збільшується на величину інтерліньяжу (відстані між базовими лініями сусідніх рядків тексту), помножену на це число; якщо *число* <0, то глибина підпорки збільшується на величину інтерліньяжу, помножену на модуль цього числа. Наприклад, `\Strut/1/` вставляє підпорку, висота якої перевищує висоту літери *A* на величину одного рядка. Команда `\Strut` без параметра еквівалентна команді `\Strut/0/`;

– `\tstrut`, `\bstrut`, `\tbstrut` вставляють підпорки, висота і глибина яких перевищує розміри літери *A* на спеціальну величину. Цю величину обчислюють так, щоб повна висота (висота + глибина) підпорки `\tbstrut` була в 1.5 більшою за величину інтерліньяжу;

– `\cbox/число/[align]{body}` створює бокс, чие тіло є одностовпцевою таблицею. Його висота і глибина збільшуються за допомогою `\tstrut` на початку і `\bstrut` в кінці тіла. Горизонтальне вирівнювання (*l*, *c* або *r*) усередині стовпця і вертикальне вирівнювання щодо підпорки (*t*, *c* або *b*) задаються параметром *align*. За замовчуванням використовується центроване вирівнювання. Результуючий бокс

вертикально вирівнюється відносно підпорки `\Strut/число/` за допомогою команди `\jvbox`. Команда `\cbox*` додатково обнуляє висоту і глибину результуючого боксу (використовується для оформлення мултистовпчиккових комірок таблиць).

Команда `\cbox` застосовується в «заголовку» таблиць. Стиль виведення тіла команди визначається командою `\cboxstyle`. У макросі  $\TeX$  ця команда перевизначена таким чином:

```
\renewcommand\cboxstyle{\scriptsize}.
```

Продемонструємо використання підпорок і команди `\cbox` на прикладі таблиці (табл. 2) яка була зроблена таким чином:

```
\begin{center}
\renewcommand\cboxstyle{\small\bf}
\setlength{\tabcolsep}{10pt}
\begin{tabular}{|l|c|c|c|}\hline
\cbox*/-1.5/{Vertically\spanned head} & \cbox{Simple head}
& \multicolumn2{c|}{\cbox{Very long head\of two
lines}}\cline{2-4}
& \cbox{subhead} & \cbox{subhead} & \cbox{subhead}\hline
\Strut/1/ Text & field & field & field \\
\text & field & field & field \\
\bstrut Text & field & field & field \\
\end{tabular}
\end{center}
```

Таблиця 2 – Використання підпорок і команди `\cbox`

Вертикально розміщений заголовок	Простий заголовок	Дуже довгий заголовок із двох ліній	
	підзаголовок	підзаголовок	підзаголовок
Text	field	field	field
Text	field	field	field
Text	field	field	field

*Примітка:* також можна використовувати команди `\tbox`, `\bbox`, `\tbbox` зі старого макросу  $\TeX$ . Однак вони вважаються застарілими і тому рекомендується замість них використовувати команди `\strut`, `\strut`, `\strut`.

## 2.6 Різне

Опишемо команди, що задаються самим пакетом **ncclatex**.

`\acknow` починає новий параграф із заголовком *Acknowledgements* або *Подяки* (у українському стилі).

`\sref{мітка}` виводить посилання на номер бібліографічного елемента без квадратних дужок. Використовується при підготовці посилань, що містять складні перерахування, наприклад, посилань виду «[2-4, 7]».

`\top{name}` використовується для кодування нестандартних математичних операцій типу  $\sin$ . Наприклад, `\k=\top{sgn}x` виводить  $k = \operatorname{sgn} x$  із правильним вибором шрифту математичної операції та відступів. Ця команда еквівалентна команді  $\text{AMS}$  `\operatorname` з пакета **amsmath**.

`\tg`, `\ctg`, `\arctg` і `\arccctg` виконують математичні операції для тангенса, котангенса та їхніх обернених функцій у українській друкарській традиції.

`\No` виводить символ №. Якщо опція `russian` не використовується, то символ номера емулюється текстом «№.».

`\tl{текст}`, `\tc{текст}`, `\tr{текст}` вимкнення тексту вліво, по центру і вправо за допомогою пружинок `\hspace*{\fill}`. Ці команди використовуються в таблицях, коли вирівнювання в комірці має відрізнитися від вирівнювання в усьому стовпці.

Назви доведень, зумовлених теорем і підтверджень оголошуються командами із суфіксом `name`. Наприклад, заголовок доведення задається командою `\proofname`, заголовок леми – командою `\lemmaname`, а заголовок підтвердження – командою `\acknowname`. Усі вони можуть бути перевизначені для забезпечення інтернаціоналізації (опція `ukrainian` перевизначає ці заголовки українською мовою).

### 3 Клас **sibjnm**

Цей клас описує стиль, який використовується в журналі *Siberian Journal of Numerical Mathematics (SibJNM)*, <http://www.sccc.ru/SibJNM/>, e-mail: [sibjnm@oapmg.sccc.ru](mailto:sibjnm@oapmg.sccc.ru). Рекомендовано використовувати цей клас для подання статті в цей журнал.

Клас **sibjnm** заснований на класі **ncc**. Він встановлює такі параметри класу **ncc**: `a4paper`, `11pt`, `article`, `twoside` і `onecolumn`. Користувач може керувати такими параметрами: `draft`, `final`, `openany`, `openright` і `russian`. Інші варіанти заборонені.

**SibJNM** – двомовний журнал. Стаття може бути підготовлена англійською мовою або на кирилиці. Анотація подається обома мовами. Перед анотаціями необхідно використовувати одну з команд предметної класифікації: `\UDC{indices}` або `\AmSclassification{indices}`. Перша команда встановлює класифікаційні індекси UDC, а остання – класифікаційні індекси  $\text{AMS}$  теми статті.

Кириломовний реферат має йти відразу після команди `\maketitle`:

```
\begin{Rabstract}{Authors}{Title} body \end{Rabstract}.
```

Реферат на англійській повинен йти після кириломовного:

```
\begin{Eabstract}{Authors}{Title} body \end{Eabstract}.
```

Текстове поле статті **SibJNM** – 155×225 мм.



## Результати досліджень

Аналіз доступної літератури показав наступне.

1. Формально кирилізація  $\text{\LaTeX}$  нині існує. Варіантів кирилізації багато, але майже всі вони не повні, тобто завдання кирилізації не вирішено до кінця.

2. Наслідок п. 1 – усі запропоновані варіанти кирилізації не сумісні, тому що одержані додаванням різних макросів, тобто вирішують різні завдання різними способами. Інакше кажучи, реально кирилізації немає.

3. Найбільш повно та кардинально питання кирилізації  $\text{\LaTeX}$ -а вдалося вирішити О.Й. Роженку шляхом розробки та включення до дистрибутиву  $\text{\LaTeX}$ -а цілої системи макросів  $\text{\NCC-L\TeX}$ : *ncstools* – колекція загальних пакетів для стандартного  $\text{\LaTeX}$ : *fterpackage*, *dcounter*, *desclist*, *extdash*, *manyfoot*, *mboxfill*, *nccbbb*, *nccboxes*, *ncccomma*, *ncccropbox*, *ncccropmark*, *nccfancyhdr*, *nccfloats*, *nccfoots*, *\NCC-L\TeX*, *nccmath*, *nccparskip*, *nccpic*, *nccrules*, *nccsect*, *nccstretch*, *nccthm*, *ncctools*, *textarea*, *tocenter*, *topsection*, *watermark*.

По суті,  $\text{\NCC-L\TeX}$  – розширений клас загального призначення – надає платформу для заміни загального класу стандартних класів статей, книг та звітів, деякі з них також можуть використовуватися зі стандартними класами. Пакет *ncslatex* теж завантажує багато стандартних пакетів і вимагає останньої версії комплекту *ncstools*.

При використанні цих макросів практично всі питання щодо кирилізації знімаються автоматично.

4. Верстка в пакеті  $\text{\NCC-L\TeX}$  нічого не змінює у стандартному процесі верстки тексту класичним  $\text{\LaTeX}$ .

Прикладом може служити наступні лістинг та скріншот (рис. 1).

```

\documentclass[14pt]{ncc}
\ToCenter[h]{160mm}{250mm}
\usepackage[headings]{ncchdr}
%\usepackage{latexsym}
\usepackage[english, ukrainian]{babel}
\renewtheorem{theorem}{Теорема}
\renewtheorem{definition}{Визначення}
\renewtheorem{notation}{Примітка}

\begin{document}
\title{КОНСТРУКЦІЯ ПОВНИХ-ПРОСТИХ\ \
  ДИСТРИБУТИВНИХ РЕШТОК (ГРАТОК)}
\author{Георгій~А. Менухін\ thanks{Дослідження підтримано NSF під
номером гранту 23466.}\ \
  Кафедра комп'ютерних наук\ \
  Віннебаго, Міннесота 23714\ \
  menuhin@cc.uwinnebago.edu}

```

```
\date{15 березня 1999 року}
```

```
\maketitle
```

```
\begin{abstract}
```

У цій замітці ми доведемо, що існують **повні-прості дистрибутивні решітки**,

тобто повні дистрибутивні решітки,  
в яких є лише дві повні конгруенції.

```
\end{abstract}
```

```
\section{Введення}\label{S:intro}
```

У цій записці ми доведемо такий результат:

```
\begin{theorem}
```

Існує нескінченна повна дистрибутивна решітка  $K$

лише з двома тривіальними повними співвідношеннями конгруенції.

```
\end{theorem}
```

...

## КОНСТРУКЦІЯ ПОВНИХ-ПРОСТИХ ДИСТРИБУТИВНИХ РЕШТОК (ГРАТОК)

Георгій А. Менухін\*

Кафедра комп'ютерних наук  
Віннебаго, Мінесота 23714  
menubin@cc.wwinnebago.edu

**Анотація.** У цій замітці ми доведемо, що існують повні-прості дистрибутивні решітки, тобто повні дистрибутивні решітки, в яких є лише дві повні конгруенції.

### 1. Введення

У цій записці ми доведемо такий результат:

**Теорема 1.** Існує нескінченна повна дистрибутивна решітка  $K$  лише з двома тривіальними повними співвідношеннями конгруенції.

Рисунок 1 – Скріншот

## Висновки

При необхідності набирати кириличний текст слід виконувати наступне.

1. Перш, ніж відправляти статтю до того чи іншого вітчизняного чи зарубіжного журналу, з'ясуйте, у якому конкретно (з якою кирилізацією) пакеті L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X потрібно її оформляти. Якщо конкретна кирилізація видавництвами не обговорюється, ви готуєте статтю у тій, у якій звикли працювати; якщо кирилізація вказана, то запитайте її у видавництва разом із інструкцією користувача.

2. Під час використання кількох пакетів кирилізації переконайтеся, що вони сумісні.

3. При використанні N<sub>C</sub>S-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X практично всі питання щодо кирилізації знімаються автоматично.

Список літератури.

1. Rozhenko, A.I. CTAN Comprehensive TEX Archive Network. <https://ctan.org/author/rozhenko>.

UDC 519.2:004.8:004.62

## INFORMATION TECHNOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF A WEB PORTAL

**Fil N.Yu.**

Associate Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University

***Abstract.** The article analyses the standards used to assess the quality of web portals. The criteria that can be used to assess the quality of a web portal are considered. The choice of a CASE tool for the development of information technology for assessing the quality of a web portal is scientifically substantiated. Using the scoring method of decision-making under conditions of uncertainty of the input information, the tool was chosen - AllFusion Modeling Suite (BPwin). A functional model of the information technology for assessing the quality of a web portal was developed using BPwin.*

***Keywords:** QUALITY, WEB PORTAL, INFORMATION TECHNOLOGY, SCORING, EXPERT DECISION-MAKING METHODS.*

### **Introduction**

Since the beginning of the full-scale invasion of Ukraine, the role of web portals has increased as a means of providing up-to-date information of various kinds: about places where food is distributed to the needy, about damaged infrastructure, about social benefits and recommendations on how to act during shelling.

The IT community has also joined the volunteer movement, specialists create engineering solutions and chat bots to solve pressing problems.

The study [1] states that about 48% of the US adult audience uses social media as a source of news. In Ukraine, Internet resources are one of the main sources of information about military operations both within the country and abroad. Thus, various Internet sites have become an integral part of the reality of life in our country, helping to fight the enemy in Ukraine [2].

Designing and developing software for any website is a technologically complex and responsible task that requires high qualifications and experience. The difference between an information web portal and a regular website is the storage of huge amounts of data and the fast processing of requests from a large number of users.

The task of a web portal is to quickly provide any user with the maximum amount of information he or she needs. To solve this problem, a web portal contains links to various resources that may be of interest to the user. Most web portals are built around search engines and directories.

A web portal is a type of website and a multifunctional resource that may include services and facilities. Simple solutions are decisive in a crisis situation. The

web applications that were created at the beginning of the war are aimed at providing the fastest help to anyone who needs it.

### **Analysis of publications**

The study of the quality of web portals involves solving a whole range of general scientific issues. At the same time, it is important not only to clarify the criteria for assessing the quality of web applications, but also to automate the technology for assessing the quality of web portals.

The paper [3] discusses software load testing, Software testing is conducted to determine how fast a computer system or part of it works under a certain load. It can also serve to verify and confirm other system quality attributes, such as scalability, reliability and resource consumption.

Examples of a qualitative assessment of the structure of various types of websites according to a certain set of criteria are given in [4]. The author proposes the concept of a multi-component assessment of the quality of web portals, according to which the criteria can be used to give preference to one Internet resource over another, which will contribute to the development of e-entrepreneurship in Ukraine.

The main methods and principles on which high-quality website content and its promotion are based are discussed in [5]. The author analyses the semantic core of the website, identifies the details that should be considered when analysing the content, and also focuses on the quality of the Internet resource from the user's point of view. The main directions of analysing the quality of information content of a website are presented.

The criteria for assessing the effectiveness of the web portal of public authorities are defined in [6]. The article analyses the information content of the websites of regional state administrations. The main directions of improvement of information provision of websites are considered.

The variety of options for presenting and placing information on web portal pages, as well as insufficient scientific study and systematisation of relevant experience, make the task of developing information technology for assessing the quality of software products (i.e. web portals) extremely relevant.

### **Objective and task statement**

The aim of the study is to reduce the time for assessing the quality of a web portal by developing an information technology that will automate the assessment of the quality of a web portal.

The object of the study is the processes of assessing the quality of a web portal.

The subject of the study is the information technology for assessing the quality of a web portal according to many criteria.

To achieve this goal, the following tasks need to be completed:

- analyse existing standards for software quality assessment;

- to analyse the characteristics of web portals that affect its quality;
- to select and justify a CASE tool for the development of information technology for assessing the quality of a web portal;
- to develop an information technology for assessing the quality of a web portal according to many criteria, taking into account the significance of each criterion.

### **Selection and justification of a CASE tool for the development of information technology for assessing the quality of a web portal**

Modern CASE tools cover a wide range of support for many information technology design technologies - from the simplest analysis and documentation tools to full-scale automation tools covering the entire life cycle of an information system [7].

The following tools are widely used for modelling and analysing business processes: AllFusion Modeling Suite; Rational Rose; ARIS.

AllFusion Modeling Suite is a family of integrated solutions for modelling and analysing business processes and databases, designing and developing application components. The suite supports all stages of information systems development. The suite consists of five products [8].

The AllFusion Process Modeler product "BPwin" is used to synthesise the functional model of information technology.

BPwin uses the IDEF methodology. The IDEF methodology is an official US federal standard and is a set of methods, rules and procedures designed to build a functional model of an object in any subject area. An IDEF functional model reflects the functional structure of an object, i.e. the actions it performs and the relationships between these actions. BPwin supports three standard IDEF notations. IDEF0 notation is used for functional modelling [9].

The use of IDEF0, IDEF3, DFD notations allows you to comprehensively describe the subject area and optimise procedures in your organisation. BPwin facilitates certification for compliance with ISO9000 quality standards. BPwin has a graphical user-friendly interface, a wide range of tools for documenting models, projects, contains its own report generator; it allows you to effectively manipulate models - merge and split them[ 8].

The Rational Rose CASE tool is a product of IBM, part of the IBM Rational Suite, and is designed to model software systems using a wide range of tools and platforms. Rational Rose is one of the leading visual modelling tools in the software industry due to its full support for the UML language and multilingual team development support. The tool fully supports the component-oriented process of information system synthesis. The Rational Rose tool provides an opportunity to describe and analyse in detail the business processes of a given subject area. Rational Rose's modelling tools allow developers to create a holistic architecture of enterprise processes, preserving all the relationships and controlling influences between different levels of the hierarchy [9].

The main advantage of this CASE tool is related to the object-based modelling principle. Its use can bring together the views of different specialists involved in modelling business processes and working with models as much as possible [9].

The advantages of Rational Rose are [9]:

- support for teamwork;
- model management;
- error control;
- documentation of models;
- configuration management.

The ARIS system is a set of tools for analysing and modelling the activities of an enterprise. The methodological basis of ARIS is a set of different modelling methods that reflect different views of the system under study. One and the same model can be developed using several methods, which allows specialists with different theoretical knowledge to use ARIS and customise it to work with systems that have their own specifics [10].

To build different types of models, we use both ARIS's own modelling methods and various well-known modelling methods and languages, including ER and UML.

The ARIS platform is a convenient and effective tool for modelling business processes. It supports the work of both business analysts and IT professionals involved in the implementation of information systems [10].

The analysis of the advantages and disadvantages presented by CASE tools allowed us to develop a structural model for choosing an effective CASE tool (fig. 1) [11-12].

Let's consider an example of choosing a CASE tool based on qualitative indicators. To make a decision, we will use expert decision-making methods.

Table 1 shows a comparison of the functionality and properties of CASE tools that can be used to develop a functional model of the technology for assessing the quality of an information web portal.

In accordance with the structural model of choosing an effective CASE tool, it is necessary to select a set of alternatives: AllFusion Modeling Suite (BPwin), Rational Rose, ARIS. The next step is to select a set of criteria.

The following standards can be considered as criteria: the availability of graphical display tools for models, ease of use in model development, integration with other CASE tools, ease of product development.

The next step is to rank the criteria, i.e. to determine the importance of each criterion. The sum of the ranks of all criteria should be equal to one.

The expert then evaluates the alternative against each of the criteria. For this purpose, each alternative is given a score. The maximum value is the number of alternatives. The minimum value is 0.

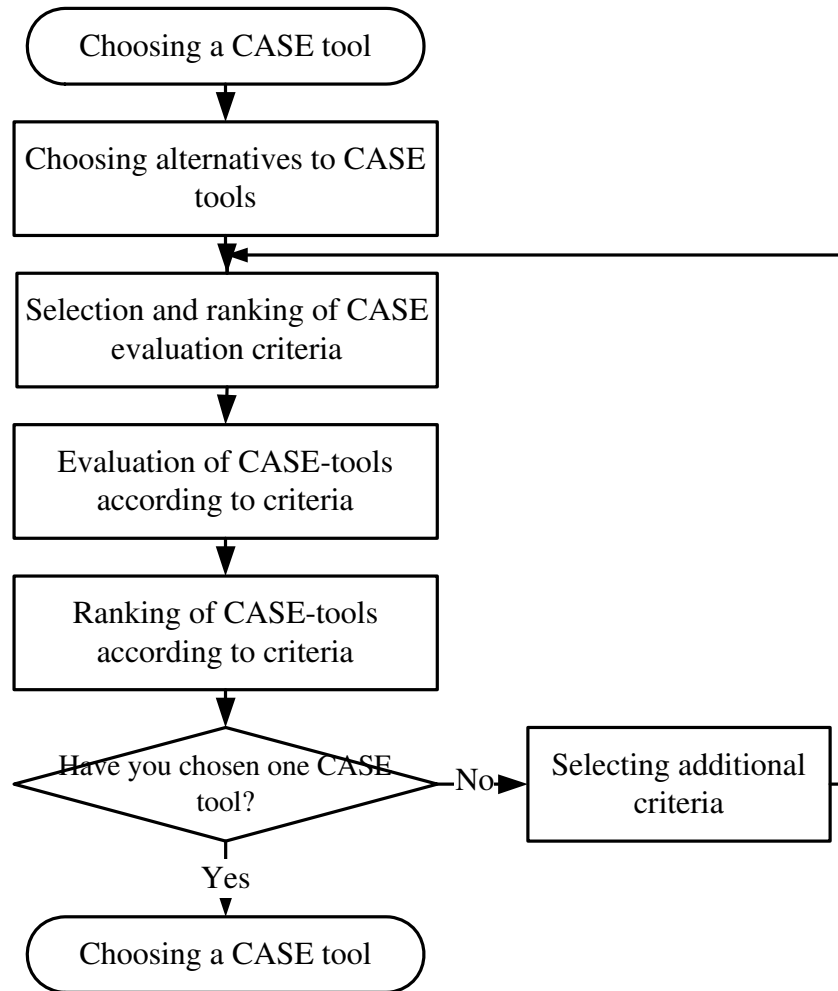


Figure 1 – Structural model for selecting an effective CASE tool

Table 1 – Comparative analysis of CASE tools

Criteria.	AllFusion Modelling Suite (BPwin)	Rational Rose	ARIS
Standard (K1)	IDEF0, IDEF3, DFD, IDEF1x	UML	eEPS, ERD, UML
Availability of means of graphical display of the model (K2)	average	low	high
Ease of working with models (K3)	simply	simply	difficult
Integration with other CASE tools (K4)	yes	yes	partially
Ease of learning the product (K5)	simply	difficult	difficult

To determine the best alternative, we find the weighted sum of the weighting coefficients of each criterion and the score for each alternative - an integral expert assessment of the priority of alternatives [13].

The results of the calculations are presented in Table 2.

Based on the results of the calculations, the CASE tool AllFusion Modeling Suite (BPwin) was selected, which has the maximum integral index.



Table 2 – Results of the expert evaluation of CASE tools

Criteria	Rank of the criterion	AllFusion Modelling Suite (BPwin)	Rational Rose	ARIS
K1	0,15	2	1	3
K2	0,15	2	1	3
K3	0,25	2	2	1
K4	0,15	2	2	1
K5	0,3	2	1	1
Integral expert assessment	1	2	1,4	1,6

### Development of a functional model of information technology for quality assessment of a web portal

Let us consider the construction of a functional model of the quality assessment information technology (QAIT) of the web portal [12].

The construction of the functional model of the QAIT begins with the presentation of a context diagram (fig. 2), and describes the global function - the formation of a web portal quality assessment programme that allows specialists to determine the appropriate web portal quality assessments taking into account the requirements for the site, ISO quality characteristics and ISO metrics [12].

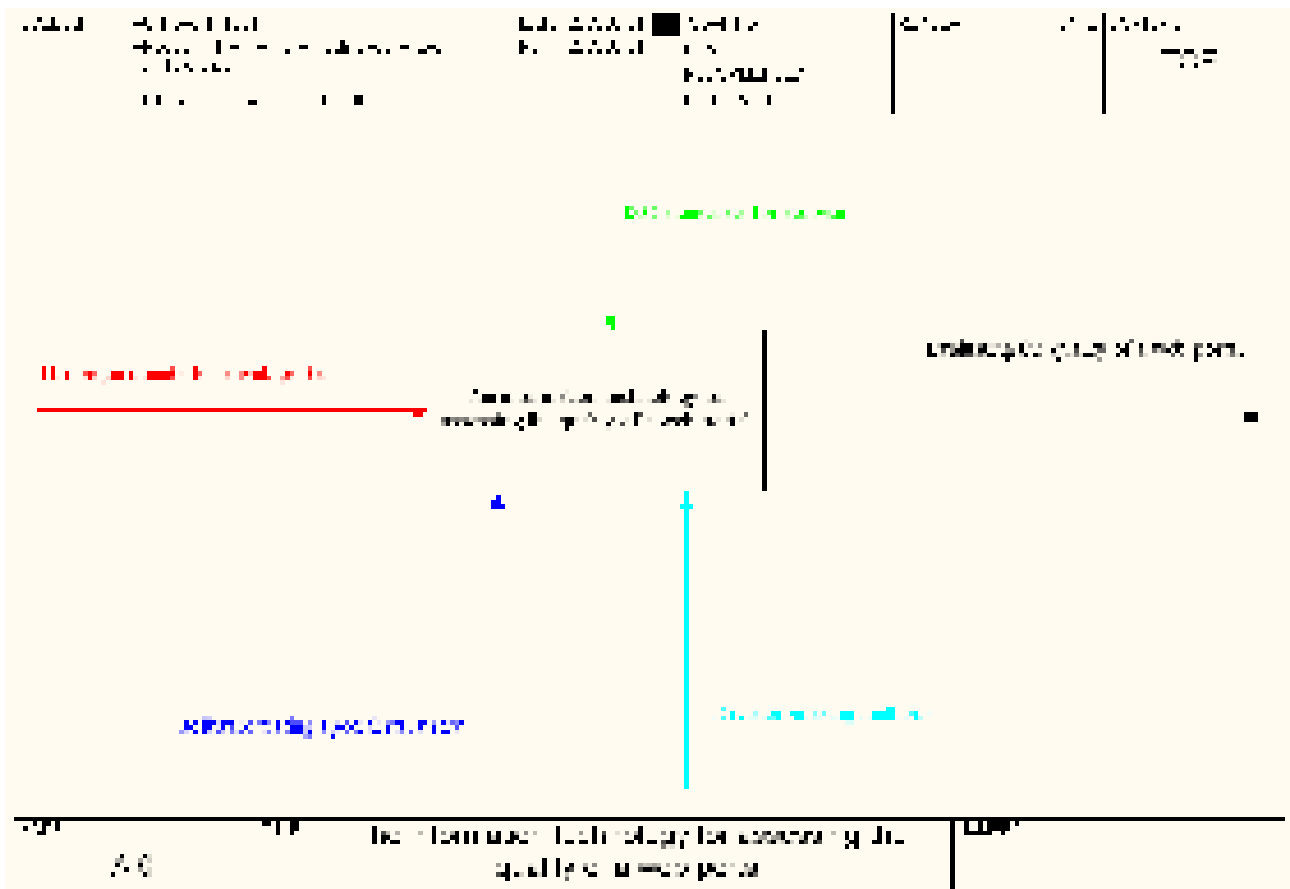


Figure 2 – Contextual diagram of the information technology for web portal evaluation



A decomposition of this function is shown in fig. 4.

Experts evaluate the quality of the web portal according to all criteria. The received quality scores are analysed and a weighted final quality score is calculated.

The functional model of a web portal's ITEM allows answering the main questions about what the ITEM of a web portal and its components should do [11]. The general view of the constructed hierarchy is shown in fig. 5.

The hierarchy of functional diagrams is built in accordance with the structural approach to designing a web portal's ITOE and is a compact description of the technology in the form of a sequential decomposition of functions.

Moreover, the description of each function includes input and output data streams, control streams, and the mechanism for executing the function. Control flows show which events are used to activate functions. The input and output streams show what information is processed and what should be obtained as a result of the function execution. The function execution mechanism allows you to see which method is used to execute the function.

Thus, there are three subsystems in the web portal's automated ITOI generation system:

- selection of criteria for assessing the quality of a web portal;
- selection of evaluation methods based on the selected criteria;
- assessing the quality of the web portal.

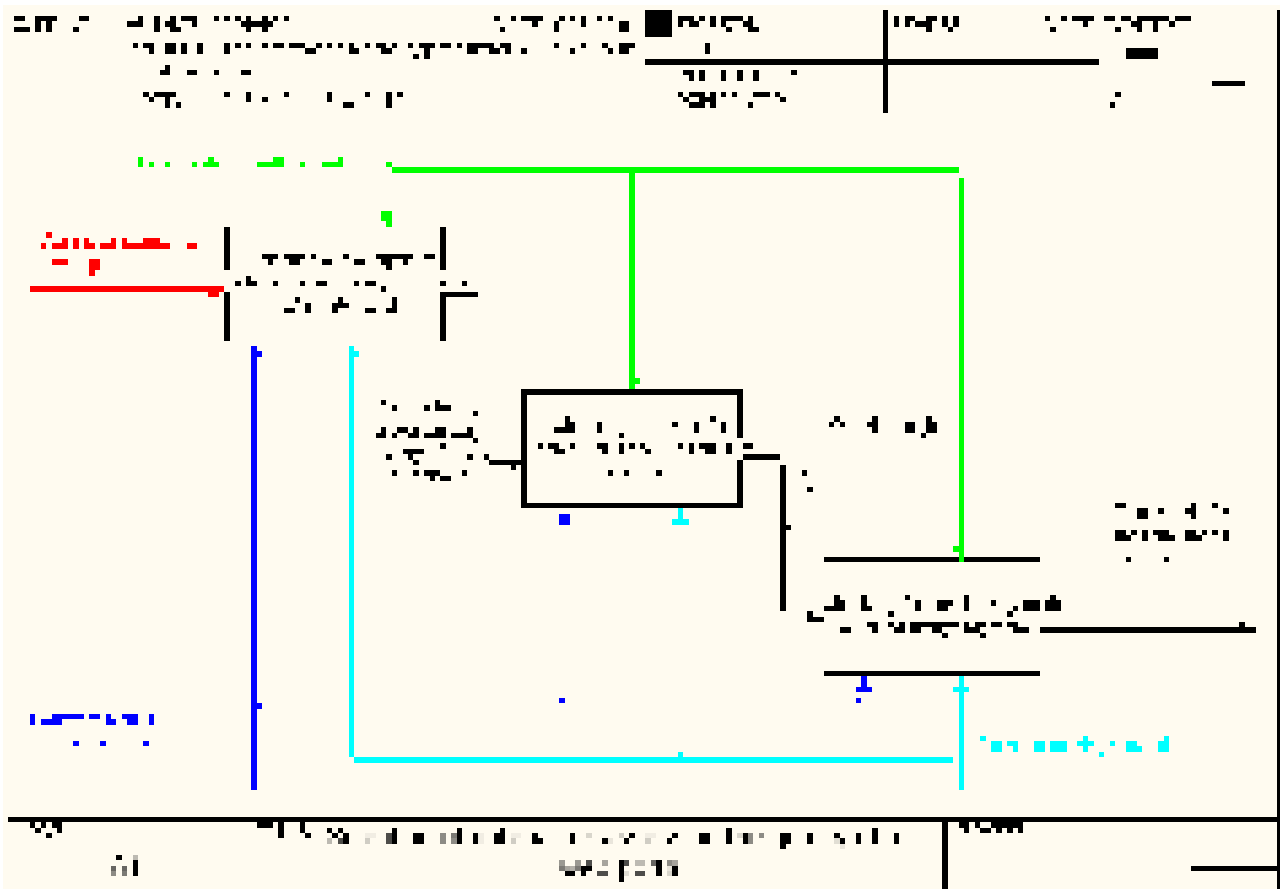


Figure 4 – Detail of the function "Selection of criteria for assessing the quality of a web portal"



Figure 5 – Tree view of the information technology for assessing the quality of a web portal

## Conclusions

Thus, the paper analyses the standards used to assess the quality of web portals. The criteria that can be used to assess the quality of a web portal are considered.

An analysis of existing tools for developing a technology for assessing the quality of an information web portal is carried out. The scientific substantiation of the choice of CASE tool was carried out and the most effective one was chosen - AllFusion Modeling Suite (BPwin).

With the help of the chosen BPwin tool, a functional model of information technology for assessing the quality of an information web portal was developed.

Scientific novelty: the scoring method of expert assessments has been further developed by extending it to a new subject area - the choice of a CASE tool for developing information technology for assessing the quality of a web portal.

Further research will be aimed at the practical implementation of the information technology and quality assessment of the web portal in the form of a software and methodological application.

### Referents.

1. Rpr. (б. д.). Незор'яні в'їни: соцмережі пїд час збройних конфлїктїв. Реанїмацїйний Пакет Реформ. <https://rpr.org.ua/news/nezoriani-viyny-sotsmerezhi-pid-chas-zbroynykh-konfliktiv/>.
2. Шевченко, О. (2022, 9 грудня). Цифрове поле бою: як інтернет змінив в'їну. <https://focus.ua/uk/voennye-novosti/540302-cifrovoe-pole-boya-kak-internet-izmenil-voynu>.
3. Крепич, С.Я., & Спївак, І.Я. (Ред.). (2020). Якїсть програмного забезпечення та тестування: базовий курс. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А.
4. Комарницький, І.М., Бублик, М.І., & Мужилївський, М.Д. (2017). Розробка концепцїї оцїнки якостї web-сайтїв як умови розвитку електронного пїдприємництва. Вісник

ЖДТУ. Економіка, управління та адміністрування, 1(43), 177-189. [https://doi.org/10.26642/jen-2008-1\(43\)-177-189](https://doi.org/10.26642/jen-2008-1(43)-177-189).

5. Зосімов, В., & Саченко, С. (2018). Аналіз якості інформаційного наповнення сайту. Геометричне моделювання та інформаційні технології, 1(5), 58-64.

6. Білова, Т.Г., & Побіженко, І.О. (2018). Модель інформаційного наповнення сайту органу державної влади. Системи обробки інформації, 1(152), 27-31. <https://doi.org/10.30748/soi.2018.152.04>.

7. Вікіпедія. (б. д.). CASE. <https://uk.wikipedia.org/wiki/CASE>.

8. Коваленко, О.С., & Добровська, Л.М. (2020). Проектування інформаційних систем: Загальні питання теорії проектування ІС: навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». КПІ ім. Ігоря Сікорського.

9. Яцишин, В., & Харченко, О. (2010). Case-технологія розроблення вимог до програмного забезпечення та оцінювання його якості. Науковий вісник НЛТУ України. Інформаційні технології галузі, 20(2), 277-285.

10. Ні-news. (б. д.) Система ARIS. [http://ni.biz.ua/3/3\\_5/3\\_5768\\_sistema-ARIS.html](http://ni.biz.ua/3/3_5/3_5768_sistema-ARIS.html).

11. Філь, Н. (2015). Структурна модель вибору постачальника при управлінні проектами попередження надзвичайних природних ситуацій на магістральних автодорогах. Технологія приборостроєння, (1), 62-65.

12. Кононихін, О.С, & Варивода, О.С. (2020). Аналіз критеріїв оцінки програмного забезпечення логістичного підприємства. Комп'ютерні технології і мехатроніка, 404.

УДК 371.671:004.087

## ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПІДРУЧНИКА

**Піх І.В.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> д.т.н, професор, кафедра «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»,  
Українська академія друкарства

<sup>2</sup> д.т.н, професор, кафедра «Автоматизовані системи управління»  
Національний університет «Львівська політехніка»,

**Сеньківський В.М.**

д.т.н, професор, кафедра «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»,  
Українська академія друкарства

**Кудряшова А.В.**

к.т.н, доцент, кафедра «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»,  
Українська академія друкарства

***Анотація.** Розроблено семантичну мережу та синтезовано багаторівневу модель факторів впливу на якість проектування інтерактивного електронного підручника. Створено прототип електронного підручника, що міститиме значну кількість інтерактивних елементів та забезпечить ефективне навчання відповідно до вимог МОН України. Може бути шаблоном для створення електронних навчальних підручників.*

***Ключові слова:** ЕЛЕКТРОННИЙ ПІДРУЧНИК, ФАКТОРИ ЯКОСТІ, СЕМАНТИЧНА МЕРЕЖА, МОДЕЛЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ІНТЕРАКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ, СКЕТЧ, СПЛИВАЮЧІ ПІДКАЗКИ, НАВІГАЦІЯ, ФРЕЙМВОРК, ДИНАМІЧНИЙ КОНТЕНТ, КОНТЕКСТНА МОДЕЛЬ, АДАПТИВНІСТЬ.*

### **Вступ**

Сучасний світ стає все більш інформаційним, технологічно цифровізованим та залежним від електронних пристроїв, що, у свою чергу, обумовлює потребу модернізації традиційного підходу до навчання. Передумовою вирішення вказаної проблеми є наявність у молодого покоління значного досвіду комунікативного «спілкування» з електронними пристроями та навичок до інтерактивної форми отримання різномірної інформації.

Один з напрямів використання цифрових технологій у навчальному процесі полягає у розробленні та впровадженні у навчальних закладах інтерактивних електронних підручників (ІЕП). Їх використання покращить рівень знань школярів та студентів за допомогою різних способів і форм подання текстової, графічної, аудіо та відео інформації та інструментарію для закріплення пройденого матеріалу у вигляді інтерактивного тестування, навчальних ігор, тощо. Інтерактивні електронні підручники стали невід'ємною частиною сучасної освіти. Вони забезпечують студентів і викладачів зручним та ефективним інструментом для навчання та викладання. Водночас,

проектування інтерактивного електронного підручника є складним процесом, який вимагає ґрунтовних знань та навичок у багатьох галузях.

Розвиток ІЕП залежить від багатьох факторів, основні з яких стосуються досягнень у сфері інформаційних технологій, зацікавленості сторін (МОН, розробників, видавництв, вчителів та інших учасників освітнього процесу) у створенні якісних електронних підручників, законодавчої бази. На сьогоднішній день різними видавництвами реалізовано декілька прототипів електронних підручників, проте вони мають ряд недоліків та не задовольняють вимогам МОН. Основні з них полягають у недостатній взаємодії з іншими користувачами та викладачами, можливій неповній інтерактивності при виконанні завдань. Також електронний підручник може містити помилки, а під час збою електронного пристрою втрачається корисна інформація та час користування ІЕП.

Згідно з проведеним аналізом існуючих форматів е-книг виявлено, що найоптимальнішим варіантом для підручників можна вважати книгу-додаток, оскільки даний формат максимально задовольняє вимоги, враховує потреби користувачів і має великі перспективи для розвитку.

Переваги електронного підручника полягають у зручності доступу до інформації та можливості зберігати нотатки та розв'язання завдань, що дозволяє зосередитися на змісті. Інтерактивність та віртуальні лабораторії дозволяють учням краще розуміти матеріал та підвищувати ефективність навчання. Крім того, електронний підручник може забезпечити вільний доступ до контенту, що зменшує витрати на його придбання.

Вимоги до змісту електронного підручника полягають у зручності використання та доступності інформації. Він повинен містити чіткий та лаконічний зміст з багатими ілюстраціями та відео, що забезпечує зрозумілість та простоту викладу. Також важливо дотримуватися принципу адаптивності та інтерактивності підручника до потреб та можливостей користувачів.

Належні умови функціонування електронного підручника полягають у його доступності на різних електронних пристроях та операційних системах, а також можливості зберігання та друкування матеріалів при потребі. Крім того, електронний підручник повинен бути зручним у використанні та мати простий та зрозумілий інтерфейс для користувачів.

### **Мета та задачі дослідження**

Вивчити існуючі формати електронних книг на відповідність вимогам МОН та обрати оптимальний з них; проаналізувати інструментарій для створення ІЕП та визначити найбільш придатний; ознайомитися з технологіями розроблення ІЕП та обрати оптимальну; створити прототип на основі виокремлених інструментальних засобів і технологій; провести апробацію інтерактивного електронного підручника; оцінити отримані результати та визначити шляхи покращення ІЕП.

## Основна частина

При проектуванні нового продукту на початковому етапі, задовго до того як продукт буде реалізований, для проведення досліджень звичайно використовуються відповідні наукові методи. Наявність подібного підходу забезпечує досягнення бажаного результату, мінімізує уникнення непередбачуваних труднощів на різних етапах процесу розроблення, значно пришвидшує реалізацію готового проекту.

Для завдань, подібних до озвученого в назві публікації, це методи та засоби системного аналізу, суть якого полягатиме у вивченні проблематики та аналізу вимог, дотичних відносно задекларованого дослідження, та розбитті майбутнього продукту на складові частини з метою вивчення, наскільки ці складові працюють та взаємодіють для досягнення поставленої мети [1]. Важливою процедурою системного підходу вважається синтез, суть якого полягає у тому, що основний процес поділяється на етапи, які в свою чергу розділяються на підпроцеси, що дозволяє на детальному рівні визначити зв'язки між ними та їхні залежності. За допомогою вказаних процедур окремі елементи або компоненти поєднуються в єдине ціле [2]. Елементи синтезу використаємо під час моделювання процесу проектування інтелектуального електронного підручника, початковим етапом якого стане визначення та упорядкування за важливістю факторів впливу на якість процесу розроблення прототипу підручника для середньої школи [3].

З використанням інформаційного пошуку [4-9] здійснено визначення сучасного стану ІЕП, ознайомлення зі створеними електронними підручниками, вивчення сучасних технологій для вибору придатної для реалізації; аналіз та синтез – проектування процесу розроблення прототипу ІЕП, виокремлення факторів, які впливають на якість процесу виготовлення електронних підручників; метод бінарних (попарних) порівнянь – для визначені вагового пріоритету факторів впливу на якість за індексом узгодженості; моделювання – створення моделей, які відображають процес реалізації електронного підручника з врахуванням ресурсів, механізмів та засобів керування [10].

Процес розроблення ІЕП звичайно поділяється на такі складові: створення прототипу; формування дизайну; верстання підручника; проектування бази даних; підключення функціональних модулів; тестування та виправлення. Під час моделювання процесів враховуються необхідні ресурси, механізми, засоби керування та визначено результати, що будуть отримані внаслідок діяльності певного виду. Вхідними ресурсами є текстовий та графічний матеріал, аудіо та відеоматеріал [5-8]. Основними механізмами керування слугують авторське право, «Положення про електронний підручник», навчальні програми для 5-9 класів, МОН, Державна служба якості освіти України [11, 12]. До механізмів відносимо також розробників, апаратне та програмне забезпечення, учителів та учнів. На рис. 1 відтворена запроєктована контекстна модель процесу розроблення інтерактивного електронного підручника для середньої школи.





Рисунок 1 – Контекстна модель процесу розроблення ІЕП

Наступний етап – конкретизація системи, яка полягає у декомпозиції контекстної моделі – модель *IDEF0* (рис. 2).

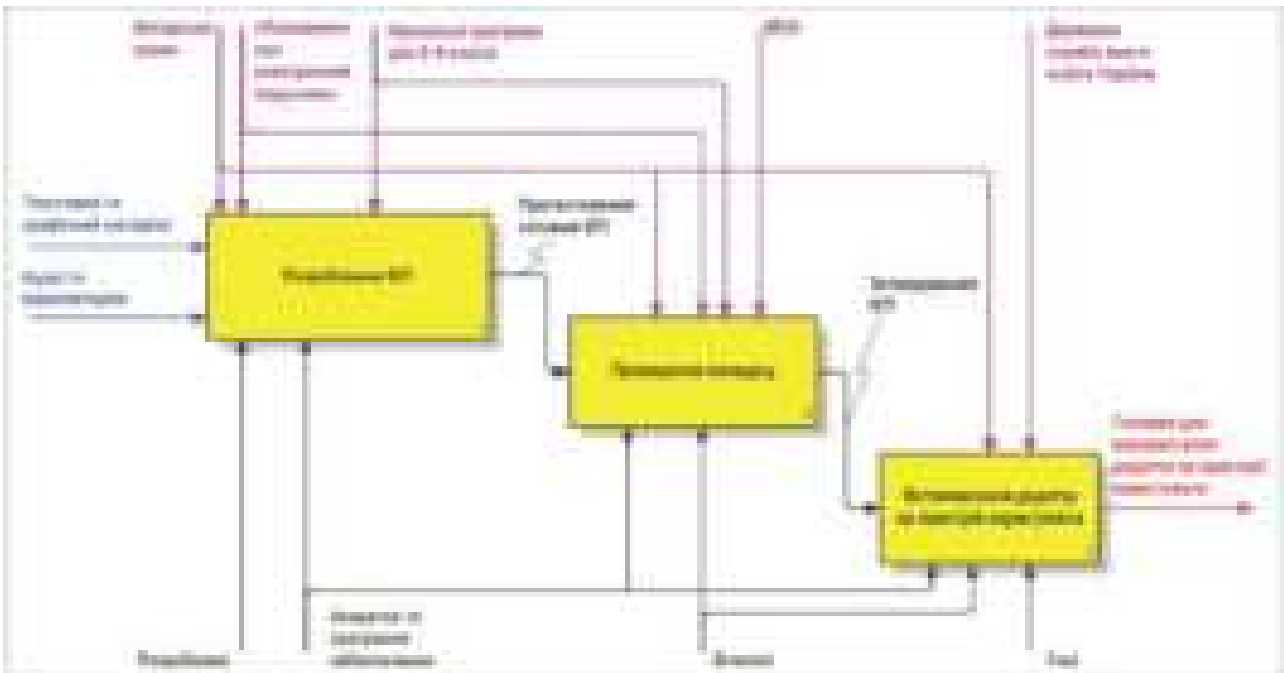


Рисунок 2 – Модель декомпозиції IDEF0

Вона містить функціональні блоки та логічні зв'язки між ними. Для розроблення інтерактивного електронного підручника для середньої школи достатньо трьох функціональних блоків, між якими існують зв'язки типу «вхід-вихід». Перший функціональний блок – «Розроблення ІЕП». Вхідними даними вважаються «Текстовий та графічний матеріал» і «Аудіо та відеоматеріал». Контроль розроблення ІЕП здійснюється на підставі авторського права, «Положення про електронний підручник», навчальної програми для 5-9 класів.

Безпосередню участь у створенні додатку беруть розробники, апаратне та програмне забезпечення. На виході отримуємо протестований готовий електронний підручник.

Завдяки моделюванню візуалізовано всі етапи розроблення ІЕП та шлях його проходження до кінцевого користувача (учнів), у результаті чого отримуємо готовий для використання додаток на пристроях учасників освітнього процесу. Шляхом декомпозиції здійснюється конкретизація кожного етапу.

Формуючи вимоги до якості інтерактивного електронного підручника, необхідно попередньо визначити фактори, що впливають на цю важливу категорію, та їх вагові характеристики. Визначити їх можна за допомогою методу моделювання ієрархій, методу попарних порівнянь та імітаційної моделі опрацювання матриці попарних порівнянь. Внаслідок синтезуємо багаторівневу моделі пріоритетного впливу факторів на процес розроблення ІЕП, а отже і на якість підручника.

Якість виготовлення ІЕП, як і будь якого іншого технологічного процесу, залежить від багатьох факторів.

$X_1$  – *прототип* – чорновий дизайн, який передує розробленню електронного макету та призначений для візуалізації структури майбутньої електронної книги, наочно позначаючи зв'язки між окремими компонентами. Детальна реалізація прототипу дозволяє значно спростити наступні операції та є ключем до успіху.

$X_2$  – *електронний макет* – представлення текстової, графічної, аудіо та відео інформації в комплексі. Це вигляд майбутньої електронної книги, який увійде в основу дизайну.

$X_3$  – *текстовий матеріал* – формує змістову частину електронного підручника та служить підґрунтям для наповнення іншими матеріалами (графічними, аудіо та відео). Перед тим, як потрапити до підручника, текстовий матеріал проходить редакторське опрацювання, вичитку та коректурну правку.

$X_4$  – *графічний матеріал* – ілюстрації, фото, анімації, графіки, схеми, що служать доповненням до текстового матеріалу.

$X_5$  – *аудіоматеріал* – зазвичай дублює текстовий матеріал, може містити доповнення до нього. Вважається обов'язковим елементом в інтерактивних електронних підручниках.

$X_6$  – *відеоматеріал* – доповнення до текстової інформації з елементами візуалізації.

$X_7$  – *верстання ІЕП* – компонування елементів в межах сторінок, надання їм стильового оформлення.

$X_8$  – *інтерактивні елементи* – забезпечують взаємодію користувача з підручником, впливають на процес запам'ятовування та засвоєння матеріалу.

$X_9$  – *дизайн ІЕП* – загальний вигляд підручника. Сукупність елементів таких, як текстовий, графічний, відео та аудіо матеріали, інтерактивні елементи, які формують одне ціле.

$X_{10}$  – бекенд розробка – підключення бібліотек, компонент, бази даних, будова логіки додатку.

$X_{11}$  – тестування – перевірка інтерактивних елементів, дизайну та бекенду на наявність помилок з метою їх подальшого виправлення. Кінцевий крок при переході до етапу впровадження в освітню систему.

$X_{12}$  – виправлення.

Множина виокремлених факторів стає основою для побудови семантичної мережі – формалізованого графічного подання чинників якості досліджуваного процесу та зв'язків між ними (рис. 3).

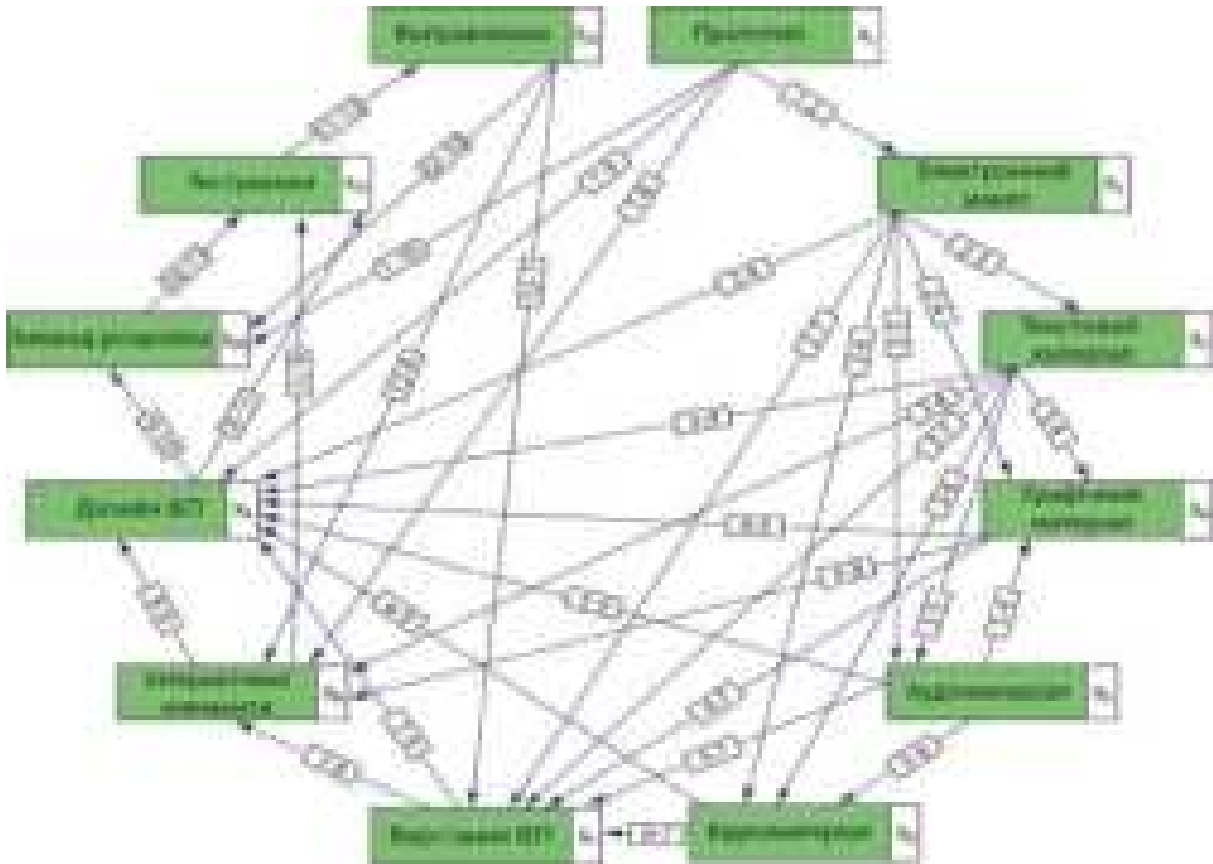


Рисунок 3 – Семантична мережа факторів впливу на якість ІЕП

Вихідна інформаційна база даних, як видно з рис. 3, суміщає формалізоване відтворення зв'язків між факторами у вигляді орієнтованого графа та зашифровану цифрами у прямокутниках його лінгвістичні терми (предикати), що визначають суть зв'язку. Вказаний спосіб забезпечує при потребі уточнене ранжування факторів.

Формалізований опис зв'язків між факторами здійснимо із застосуванням елементів мови предикатів [13], що містять прості або атомарні предикати та логічні зв'язування:  $\wedge$  – логічне «і»;  $\vee$  – логічне «або»;  $\leftarrow$  – логічне «якщо»;  $\forall$  – квантор спільності (для всіх);  $\exists$  – квантор існування (фігурує принаймні одне) [10]. Множину предикатів, що буде використана для опису семантичної мережі, подамо у вигляді таблиці, в якій наведено лінгвістичне трактування зв'язків між факторами відповідно до типів, та коефіцієнти їх вагомості.

Таблиця 1 – Предикати семантичної мережі

$l$	Лінгвістичне трактування предикату (вплив)	$k_{1p_i}$	Лінгвістичне трактування предикату (залежність)	$k_{2p_i}$
1	визначає	4	визначається	4
2	формує	4	формується	4
3	обумовлює	3	обумовлюється	3
4	стає основою	4	ґрунтується	4
5	передбачає	2.5	передбачається	2.5
6	враховує	2.5	враховується	2.5
7	впливає	3	отримує	3

Внаслідок отримуємо такий формально-лінгвістичний опис семантичної мережі – вихідної інформаційної бази даних:

$(\forall x_i)[\exists(x_1, \text{прототип}) \leftarrow \text{визначає}(x_1, x_2) \wedge \text{впливає}(x_1, x_8) \wedge \text{формує}(x_1, x_9)] \wedge \text{обумовлює}(x_1, x_{10});$

$(\forall x_i)[\exists(x_2, \text{електронний макет}) \leftarrow \text{визначає}(x_2, x_3) \wedge \text{обумовлює}(x_2, x_4) \wedge \text{визначає}(x_2, x_5) \wedge \text{впливає}(x_2, x_6) \wedge \text{передбачає}(x_2, x_7) \wedge \text{стає основою}(x_2, x_9)];$

$(\forall x_i)[\exists(x_3, \text{текстовий матеріал}) \leftarrow \text{визначається}(x_2, x_3) \wedge \text{передбачає}(x_3, x_4) \wedge \text{обумовлює}(x_3, x_5) \wedge \text{впливає}(x_3, x_6) \wedge \text{визначає}(x_3, x_7) \wedge \text{формує}(x_3, x_8) \wedge \text{стає основою}(x_3, x_9)];$

$(\forall x_i)[\exists(x_4, \text{графічний матеріал}) \leftarrow \text{обумовлюється}(x_4, x_2) \wedge \text{передбачається}(x_4, x_3) \wedge \text{формується}(x_4, x_5) \wedge \text{визначає}(x_4, x_7) \wedge \text{обумовлює}(x_4, x_8) \wedge \text{стає основою}(x_4, x_9)];$

$(\forall x_i)[\exists(x_5, \text{аудіоматеріал}) \leftarrow \text{визначається}(x_5, x_2) \wedge \text{обумовлюється}(x_5, x_3) \wedge \text{визначає}(x_5, x_4) \wedge \text{впливає}(x_5, x_6) \wedge \text{передбачає}(x_5, x_7) \wedge \text{формує}(x_5, x_9)];$

$(\forall x_i)[\exists(x_6, \text{відеоматеріал}) \leftarrow \text{ґрунтується}(x_6, x_2) \wedge \text{передбачається}(x_6, x_3) \wedge \text{визначається}(x_6, x_5) \wedge \text{визначає}(x_6, x_7) \wedge \text{формує}(x_6, x_9)];$

$(\forall x_i)[\exists(x_7, \text{верстання ІЕП}) \leftarrow \text{передбачається}(x_7, x_2) \wedge \text{визначається}(x_7, x_3) \wedge \text{формується}(x_7, x_4) \wedge \text{передбачається}(x_7, x_5) \wedge \text{обумовлюється}(x_7, x_6) \wedge \text{отримує}(x_7, x_{12}) \wedge \text{враховує}(x_7, x_8) \wedge \text{формує}(x_7, x_9)];$

$(\forall x_i)[\exists(x_8, \text{інтерактивні елементи}) \leftarrow \text{отримує}(x_8, x_1) \wedge \text{формується}(x_8, x_3) \wedge \text{обумовлюється}(x_8, x_4) \wedge \text{враховується}(x_8, x_7) \wedge \text{передбачається}(x_8, x_{12}) \wedge \text{впливає}(x_8, x_9) \wedge \text{стає основою}(x_8, x_{11})].$

$(\forall x_i)[\exists(x_9, \text{дизайн ІЕП}) \leftarrow \text{формується}(x_9, x_1) \wedge \text{ґрунтується}(x_9, x_2) \wedge \text{формується}(x_9, x_3) \wedge \text{обумовлюється}(x_9, x_4) \wedge \text{враховується}(x_9, x_5) \wedge$

передбачається  $(x_9, x_6) \wedge$  отримує  $(x_9, x_7) \wedge$  визначається  $(x_9, x_8) \wedge$  впливає  $(x_9, x_{10}) \wedge$  обумовлює  $(x_9, x_{11})$ ];

$(\forall x_i)[\exists(x_{10}, \text{бекенд розробка}) \leftarrow \text{визначає } (x_{10}, x_{11}) \wedge \text{обумовлюється } (x_{10}, x_1) \wedge \text{отримує } (x_{10}, x_9)] \wedge \text{враховується } (x_{10}, x_{12})$ ];

$(\forall x_i)[\exists(x_{11}, \text{тестування}) \leftarrow \text{стає основою } (x_{11}, x_{12}) \wedge \text{грунтується } (x_{11}, x_8) \wedge \text{визначається } (x_{11}, x_{10})$ ];

$(\forall x_i)[\exists(x_{12}, \text{виправлення}) \leftarrow \text{впливає } (x_{12}, x_7) \wedge \text{передбачає } (x_{12}, x_8) \wedge \text{отримує } (x_{12}, x_{10})] \wedge \text{грунтується } (x_{12}, x_{11})$ .

Для встановлення рівнів важливості факторів будемо на основі семантичної мережі бінарну матрицю досяжності, суть якої зводиться до заповнення таблиці (табл. 2), елементи якої визначаються за таким логічним правилом:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо з вершини } i \text{ мережі досягається вершина } j; \\ 0 \text{ в іншому випадку.} \end{cases} \quad (1)$$

Таблиця 2 – Матриця досяжності

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>
X <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
X <sub>2</sub>	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
X <sub>3</sub>	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
X <sub>4</sub>	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
X <sub>5</sub>	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
X <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
X <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
X <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
X <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
X <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
X <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
X <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1

Подальші дії можуть мати два варіанти. Перший полягає у побудові та використанні так званих ітераційних таблиць. Однак, через велику кількість ітерацій та, відповідно, таблиць реалізуємо більш простий варіант, що передбачає аналіз кількісних показників залежностей між факторами, відображених одиницями у відповідних стовпцях матриці. Розрахунок і порівняння умовних сумарних вагових характеристик залежностей визначає попередні рівні ранжування факторів та вихідну базову модель їх впливу на якість процесу проектування електронного підручника.

Опускаючи розрахунки, наведемо результат застосування пропонованого алгоритму, відмічаючи кількість приєднаних залежностей до факторів кожного з рівнів, що обумовить багаторівневу графічну модель рис. 4.

Остаточно перший рівень (0 залежностей) формує фактор  $X_1$  – *прототип*, другий (1) – фактори  $X_2$  – *електронний макет*,  $X_3$  – *текстовий матеріал*,  $X_{12}$  – *виправлення*, третій (2) –  $X_5$  – *аудіоматеріал*, четвертий (3) утворюють фактори  $X_4$  – *графічний матеріал*,  $X_6$  – *відеоматеріал*,  $X_{10}$  – *бекенд розробка*,  $X_{11}$  – *тестування*, п'ятий (5) –  $X_8$  – *інтерактивні елементи*, шостий (6) –  $X_7$  – *верстання ІЕП*, сьомий(8) –  $X_9$  – *дизайн ІЕП*.

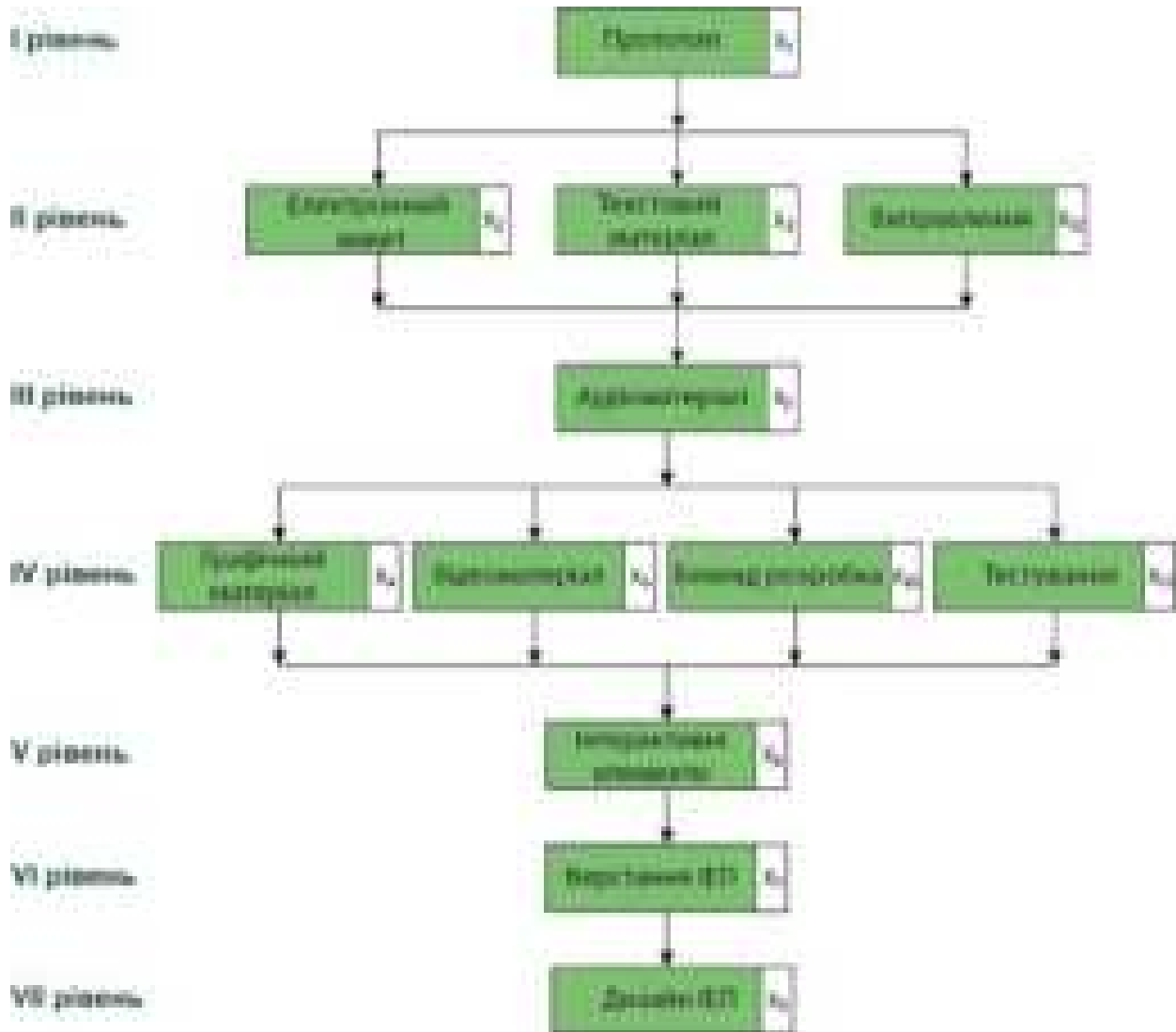


Рисунок 4 – Модель пріоритетного впливу факторів на процес виготовлення ІЕП

Після розподілення за рівнями пріоритетності розрахуємо вагові пріоритети факторів, що обумовить оптимізацію моделі рис.4. З цією метою будемо матрицю попарних порівнянь, алгоритм формування якої полягає у порівнянні між собою умовних переваг факторів, що «займають» відповідний рівень. Кожен фактор порівнюється з іншими факторами та отримує відповідну оцінку важливості, яка вноситься у квадратну обернено симетричну матрицю.

Для більш об'єктивного оцінювання використовується шкала відносної важливості об'єктів [10], суть якої наведено у (табл. 3).

Таблиця 3 – Шкала відносної важливості об'єктів

Оцінка	Критерії порівняння	Пояснення щодо
--------	---------------------	----------------

важливості		вибору критерію
1	Об'єкти рівноцінні	Відсутність переваги $f_1$ над $f_2$
3	Один об'єкт дещо переважає інший	Існує підстава наявності слабкої переваги $f_1$ над $f_2$
5	Один об'єкт переважає Інший	Існує підстава наявності суттєвої переваги $f_1$ над $f_2$
7	Один об'єкт значно переважає інший	Існує підстава присутності явної переваги $f_1$ над $f_2$
9	Один об'єкт абсолютно переважає інший	Абсолютна перевага $f_1$ над $f_2$ не викликає сумніву
2,4,6,8	Компромісні проміжні значення	Допоміжні порівняльні оцінки

Застосувавши таблицю до моделі рис. 4, отримуємо матрицю, відтворену табл. 4 Звернемо увагу, що оскільки матриця обернено симетрична, тобто  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ , тоді її нижня частина міститиме елементи  $1/3, 1/5, 1/7, 1/9$ .

Таблиця 4 – Матриця попарних порівнянь

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>
1	3	3	6	4	6	8	7	9	6	6	3
1/3	1	2	5	3	5	7	6	8	5	5	2
1/3	1/2	1	5	3	5	7	6	8	5	5	2
1/6	1/5	1/5	1	1/3	2	4	3	5	2	2	1/5
1/4	1/3	1/3	3	1	3	5	4	6	3	3	1/3
1/6	1/5	1/5	1/2	1/3	1	4	3	5	2	2	1/5
1/8	1/7	1/7	1/4	1/5	1/4	1	1/2	2	1/4	1/4	1/7
1/7	1/6	1/6	1/3	1/4	1/3	2	1	3	1/3	1/3	1/6
1/9	1/8	1/8	1/5	1/7	1/5	1/2	1/3	1	1/5	1/5	1/8
1/6	1/5	1/5	1/2	1/3	1/2	4	3	5	1	2	1/5
1/6	1/5	1/5	1/2	1/3	1/2	4	3	5	1/2	1	1/5
1/3	1/2	1/2	5	3	5	7	6	8	5	5	1

Опрацювання матриці починається із знаходження головного власного вектора  $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , для чого використаємо відому формулу, побудовану на обчисленні середнього геометричного елементів рядків матриці, а саме

$$x_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}} \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Розрахунок за формулою (2) та наступні перетворення, пов'язані з опрацюванням матриці, виконуються в середовищі спеціалізованої програми «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь» [14], інтерфейс якої наведений на рис. 5.

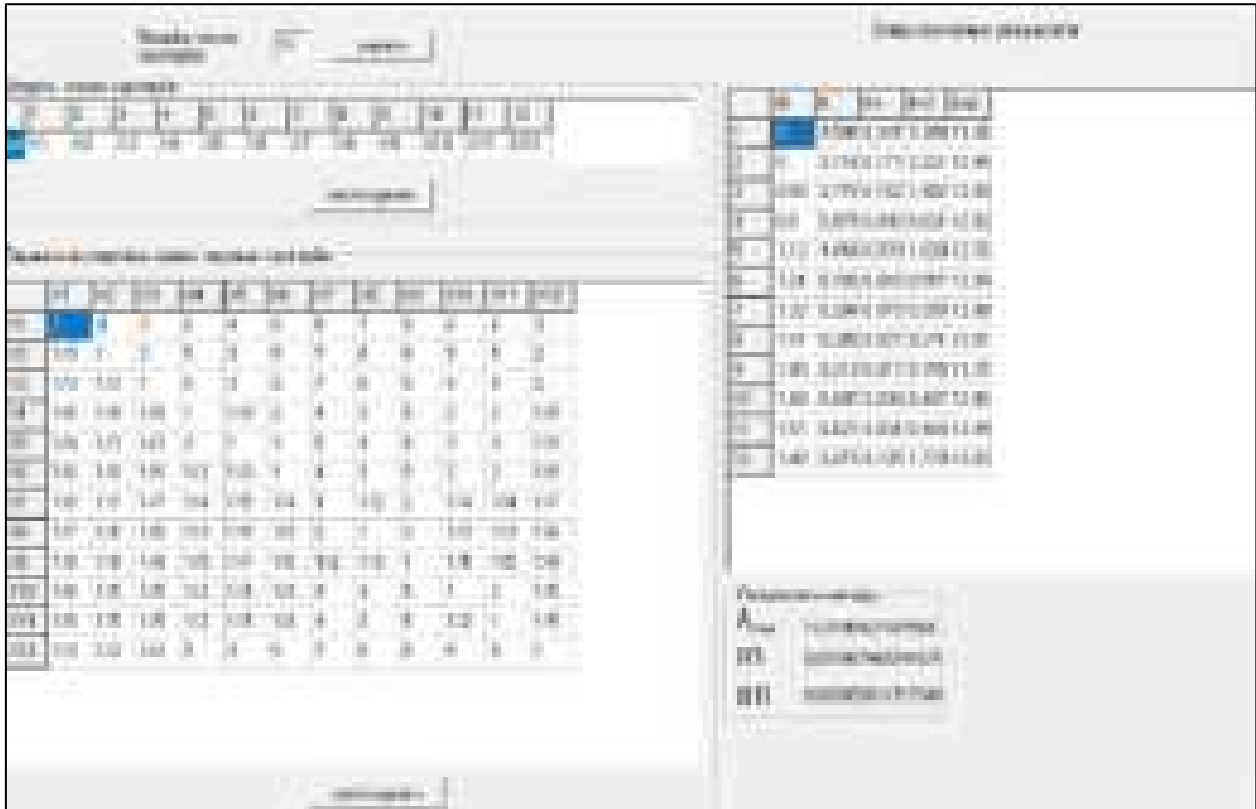


Рисунок 5 – Інтерфейс програми «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь» із введеними даними та отриманими результатами

Після введення кількості та умовних позначень факторів й елементів матриці попарних порівнянь опція «застосувати» ініціює розрахунок та отримання вікна проміжних результатів з опціями  $E$ ,  $E_n$ ,  $E_{n1}$ ,  $E_{n2}$ . Одночасно у нижньому вікні отримуємо значення критеріїв їх достовірності.

Для кращого розуміння наведемо скорочено основні кроки обчислень.

Компоненти головного власного вектора матриці попарних порівнянь характеризує опція  $E$ :

$$X = (4,508; 3,116; 2,776; 0,879; 1,454; 0,783; 0,284; 0,389; 0,212; 0,697; 0,621; 2,473).$$

Водночас здійснюється нормалізація вектора  $X$  за формулою

$$x_{i \text{ норм}} = \frac{\sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}}} \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

У результаті отримуємо нормалізований вектор (опція  $E_n$ )

$$X_{\text{норм}} = (0,247; 0,171; 0,152; 0,048; 0,079; 0,043; 0,015; 0,021; 0,011; 0,038; 0,034; 0,135).$$

Отже, розраховано уточнені числові пріоритети факторів впливу на якість виготовлення ІЕП для середньої школи, що обумовлює попередній формальний результат розв'язання задачі. Для кращого візуального сприйняття вагових значень факторів помножимо компоненти вектора  $X_{\text{норм}}$  на коефіцієнт масштабування, наприклад,  $k = 500$ . Дістанемо такі нові значення:



$$X_{\text{норм}} \times k = (123,5; 85,5; 76; 24; 39,5; 21,5; 7,5; 10,5; 5,5; 19; 17; 67,5).$$

Отриманий результат забезпечує синтез моделі пріоритетів факторів.

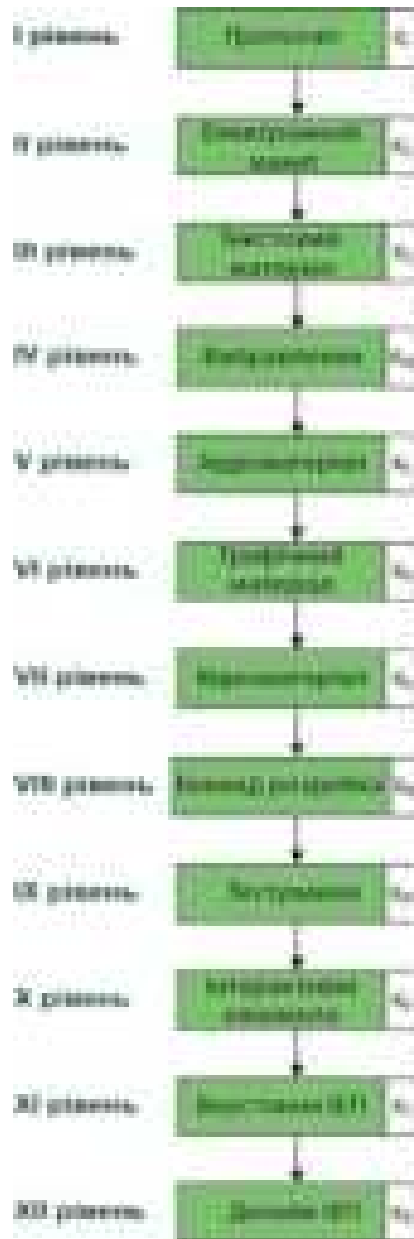


Рисунок 6 – Оптимізована модель пріоритетного впливу факторів на процес виготовлення ІЕП

Узгодженість числових пріоритетів факторів визначається критеріями, отриманими в опції «Результати методу» рис.5. Важливим показником вважається максимальне власне значення додатної обернено-симетричної матриці  $\lambda_{\text{max}}$ . Для його розрахунку матрицю попарних порівнянь множимо справа на вектор  $X_{\text{норм}}$ . Отримуємо вектор, заданий опцією  $E_{n1}$ :

$$X_{\text{норм}1} = (3,309; 2,221; 1,982; 0,624; 1,020; 0,557; 0,203; 0,274; 0,155; 0,497; 0,443; 1,770).$$

Далі ділимо покомпонентно вектор  $X_{\text{норм}1}$  на  $X_{\text{норм}}$ , що дає вектор ( $E_{n2}$ )

$$X_{\text{норм}2} = (13,36; 12,96; 12,99; 12,92; 12,76; 12,94; 12,98; 12,81; 13,37; 12,96; 12,99; 13,02).$$

Розрахунок критерію  $\lambda_{\max}$  отримано як середнє арифметичне компонент вектора  $X_{\text{норм}2}$ . У вікні інтерфейсу рис. 5 в опції «Результати методу» маємо  $\lambda_{\max} = 13,01$ . Достовірність результатів забезпечується індексом узгодженості  $IU$  (у вікні – індекс погодженості ІП), який свідчить про адекватність попарних порівнянь факторів на основі шкали відносної важливості об'єктів. Його значення залежить від  $\lambda_{\max}$  та кількості факторів і розраховується за формулою:

$$IU = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1). \quad (4)$$

Отримане за програмою значення  $IU = 0,09$ .

Значення індексу узгодженості повинно корелювати з еталонним показником узгодженості – випадковим індексом), величина якого згенерована програмним способом для різної кількості об'єктів (матриць різного порядку) і задається окремою таблицею [10].

Таблиця 5 – Значення випадкового індексу для матриць різного порядку

Кількість об'єктів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Еталонне значення індексу	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54

Величина індексу узгодженості перевіряється виконанням нерівності  $IU < 0,1 \times WI$ . Для використаної нами матриці матимемо  $0,09 < 0,1 \times 1,54$ , що свідчить про адекватність результатів.

Завершує перевірку отриманих результатів відношення узгодженості  $WU = IU / WI$  (у вікні інтерфейсу ВП). Згідно програми для табличного  $WI = 1,54$  маємо  $WU = 0,06$ , що забезпечує умову адекватності результату:  $WU \leq 0,1$ .

Отже, як слідує з попереднього аналізу, вважаємо, що результати опрацювання матриці попарних порівнянь відповідають згаданим вище критеріям, що обумовлює достатньо високий рівень збіжності процесу. Досягнуто належну узгодженість експертних оцінок стосовно попарних порівнянь факторів, відображених у відповідній матриці.

У результаті на першому етапі дослідження отримано модель факторів, оптимізовану за пріоритетністю впливу на процес виготовлення ІЕП для середньої школи. Як впливає з моделі, визначальним у цьому процесі є фактор 1 – *прототип*, який створюється на початковому етапі та визначає майбутню структуру електронної книги, важливі її елементи та їхнє розміщення в межах сторінок додатку, крім того відбувається проектування функцій книги. На другому рівні знаходиться *електронний макет*, який відображає майбутній дизайн ІЕП, відображає оформлення та розміщення всіх компонентів сторінок.

На третьому рівні – *текстовий матеріал*, це якісна складова ІЕП. Саме від змісту текстової частини залежить якість книги та її ефективність в навчальному процесі. На четвертому рівні – *виправлення*. Проект вважається

незавершеним, поки всі помилки, виявлені в процесі тестування, не будуть виправлені. П'ятий рівень – *аудіо матеріал*, що уособлює відтворення текстової інформації у аудіо форматі. На шостому рівні – *графічний матеріал*, який слугує візуальним доповненням до аудіо та текстового матеріалів. На сьомому рівні – *відеоматеріал*, використовується з метою доповнення текстового матеріалу, закріплення пройденого матеріалу. На восьмому – *бекенд розробка* впливає на якість функціональної складової електронного підручника, зокрема завантаження контенту, додавання коментарів, друкування, додавання слів до словника. На дев'ятому рівні – *тестування* – етап, на якому відбувається перевірка на скільки якісно виконані попередні етапи. На десятому рівні – *інтерактивні елементи*, впливають на якість засвоєння пройденого матеріалу користувачами, чим більше користувач взаємодіє з електронною книгою, тим краще запам'ятовується пройдений матеріал. На одинадцятому рівні – *верстання ІЕП*. Правильне komponування елементів на сторінці електронної книги впливає на якість вивчення матеріалу. На дванадцятому рівні – *дизайн ІЕП*. Якісний дизайн здатний зацікавити користувача вивчати матеріал, а погано продуманий – навпаки відштовхнути.

Таким чином, побудова оптимізованої моделі дає краще розуміння важливості кожного з факторів, що уможливило більш обґрунтовано підійти до реалізації проекту з виготовлення інтерактивного електронного підручника для середньої школи. Його початок полягає у розробленні прототипу як одного з найважливіших етапів створення нового продукту. Прототип забезпечує візуальне відтворення майбутнього проекту, що містить у собі основні функції, які повинен виконувати додаток, його загальний дизайн, слугує основою під час створення електронного макету. При якісному його виконанні можна спростити процес виготовлення, зменшити час реалізації проекту та мінімізувати ресурси, необхідні у процесі реалізації. Чим більше нюансів зможе охопити прототип, тим якісніший продукт можна отримати на виході. Прототип ІЕП повинен містити загальну структуру додатку, відображати елементи інтерактивності. Також у ньому повинна відображатися загальна концепція дизайну – так званий чорновий дизайн.

Прототипування здійснюється за допомогою програми Axure RP (рис. 7). Однією з головних її переваг вважається можливість програмування «поведінки» кнопок, текстових полів, панелей та інших віджетів, внаслідок чого отримані макети або прототипи наближені до остаточного результату і доступні для тестування. Взаємодія з багатьма віджетами, що поставляються разом з Axure RP, може бути налаштована за допомогою створення тестових випадків, умов, оброблюваних подій і виконуваних дій. Наприклад, для списку можна обробляти такі події, як натиснення, зміна елемента, фокус і втрата фокусу.



Рисунок 7 – Відображення прототипу ІЕП у програмі Axure RP

Дизайн відіграє важливу роль при створенні ІЕП і саме йому слід присвятити велику увагу при створенні прототипу-шаблону. Дизайн повинен виконувати не лише естетичну, але й функціональну роль.

При розробленні дизайну будь-якого додатку незалежно від його функціонального призначення слід враховувати вимоги UX та UI дизайну. Всі вимоги можна сформулювати наступними тезами:

- *додаток повинен орієнтуватися на певну цільову аудиторію.* Так, зокрема, при реалізації прототипу ІЕП з фізики потрібно враховувати особливості вікової групи школярів, її особливості;

- *інтерфейс додатку повинен бути інтуїтивним та зрозумілим для користувача;*

- *необхідно проводити аналіз поведінки користувачів з метою удосконалення продукту.* Аналіз містить відслідковування дій користувачів, їхні уподобання, частоту використання тих чи інших функцій;

- *тестування.* Перед запуском здійснювати тестування функцій, поєднання колірної гами, зручності користування, кросплатформеності та кросбраузерності.

При виборі колірної гами слід враховувати багато факторів. Серед них є символічне сприйняття кольорів, їхній фізичний, оптичний, емоційний вплив на користувача, особливості сприйняття різної вікової групи населення. Науковцями були проведені дослідження і доведено, що оранжевий та червоний кольори збуджують зорові та слухові центри мозку, їх ще називають «кричущими», в той час як зелений та синій кольори послаблюють збудження слухового центру, компенсують напруження, створене іншими кольорами.

Зелений колір вважається заспокійливим, підходить для стомлених людей. Жовтий навпаки збуджує, турбує людину, в той час як синій заставляє заглиблюватись. Чим темніший колір, тим більше наближує людину до нескінченного. Білий колір – це так зване мовчання, сповнене великою

кількістю можливостей. Живим кольором вважається червоний. Чорний колір символізує бездіяльність, мовчання без майбутнього.

В інтерактивному електронному підручнику колір відіграє важливу роль. Так, при наведенні або кліку на текст певного кольору будуть виконуватися наступні дії: фіолетовий – гіперпосилання; зелений – відкривається вікно з додатковою інформацією про науковця; оранжевий – переклад; червоний – визначення, яке слід запам'ятати.

Для інтерфейсу за основу обрано зелений колір, оскільки він не буде здійснювати великого навантаження на зір користувача, що дозволяє працювати з підручником більший період часу, ніж би це можливо було з іншими кольорами (наприклад, з червоним). На рис. 8 можна ознайомитися з одним із прототипів, а саме із сторінкою тестування електронного підручника.



Рисунок 8 – Відображення прототипу у програмі Axure RP

При розробленні дизайну важливо звертати увагу на шрифтове оформлення. Так, для основного тексту рекомендовано використовувати шрифти із засічками (Serif), адже вони забезпечують зручність читання при невеликому кеглі складання тексту. В той час як для інтерфейсу книги-дodatku та безпосередньо для заголовків можна використовувати шрифти без засічок (Sans Serif), які виглядають більш сучасно і при невеликому обсязі тексту досить читабельні, зокрема шрифт Roboto.

Електронний макет розробляється в програмі Adobe Photoshop CC, оскільки вона дозволяє легко працювати з шарами, групувати їх в папки, переміщувати та

приховувати. Крім того, присутні напрямляючі відносно яких легко розміщувати елементи, а також лінійки, одиниці вимірювання яких можна задати в налаштуваннях. Найвний арсенал інструментів для роботи з графікою.

З прикладом електронного макету можна ознайомитись на рис. 9.



Рисунок 9 – Відображення електронного макету підручника у програмі Adobe Photoshop

В електронному макеті суттєву роль відіграє візуалізація. Інтерфейс додатку повинен бути детально розробленим з врахуванням всіх дрібниць. Зважаючи на специфіку книги, вона має динамічний контент (який змінюється), тому замість тексту та зображення використовують шаблони (це відноситься лише до контенту підручника). Замість тексту застосовують шаблонний «текст-рибу». У ролі прототипів зображень використовують прямокутники – імітатори відтворень. В подальшому верстальник звертає увагу на стиль оформлення окремих функціональних елементів.

Зручність є ключовою вимогою стосовно додатків. Для її забезпечення використовується навігаційна панель. Інтуїтивність, простота у користуванні, можливість при невеликій кількості кліків знайти потрібну інформацію – основні вимоги до навігації різних рівнів.

Перевірка функціональності ІЕП полягає в окремій перевірці кожної реалізованої функції. Серед них можна виділити додавання та видалення закладок, додавання нових термінів до словника, тестування та опрацювання відповідей, спливаючі підказки, відображення додаткової інформації та ін.

Додаток повинен коректно відкриватися на будь-якому пристрої, незалежно від операційної системи.

## Висновки

Дослідження зосереджене на проєктуванні інтерактивного електронного підручника та містить цінну інформацію для тих, хто цікавиться створенням якісного навчального продукту.

Виконано огляд літературних джерел, дотичних до проблематики виконаного дослідження, що стосується проєктування інтерактивного електронного підручника для середньої школи. Особлива увага приділяється важливості збору та аналізу потреб користувачів, а також включенню інтерактивних елементів для підвищення ефективності навчання. Виокремлено фактори впливу на якість процесу створення ІЕП. На основі побудованої семантичної мережі зв'язків між факторами синтезовано оптимальну багаторівневу модель пріоритетного їх впливу на якість електронного підручника.

Описано ключові етапи процесу проєктування, зокрема, вибір оптимальної платформи та контенту, розробку інтерактивних елементів та тестування готового продукту. Створено прототип ІЕП у форматі книга-додаток на основі фреймворку Angular JS, HTML, CSS та різноманітних підключених сервісів. Даний додаток доступний на різних пристроях незалежно від операційної системи. Він дозволяє додавати терміни до словника, додавати та видаляти закладки, здійснювати пошук за словом. Додаток має ряд інтерактивних елементів. Серед них можна виділити гіперпосилання, спливаючі підказки, вікна із додатковою інформацією, які з'являються після кліку на імені науковця. Створений прототип дозволяє проводити тестування, після завершення якого видає результат відповідно до правильної кількості відповідей. Результат дослідження може слугувати базовою версією майбутнього електронного підручника, що потребуватиме значних доопрацювань, що обумовлять наступні версії. Серед них можна виділити авторизацію, додавання коментарів, ігор та нових інтерактивних елементів таких, як інтерактивна карта, вбудованих 3D об'єктів та ін.

Розроблений прототип електронного підручника демонструє потенціал інтерактивної форми навчання та підвищує ефективність засвоєння матеріалу учнями. Він містить візуально привабливий дизайн та інтерактивні мультимедійні елементи, такі як зображення, відео та аудіо записи що забезпечують активне та більш глибоке засвоєння матеріалу.

Список літератури.

1. Згуровський, М.З., & Панкратова, Н.Д. (2007). Основи системного аналізу. Київ: Видавнича група ВНУ.
2. Лямець, В.І., & Тевяшев, В.І. (2004). Системний аналіз. Вступний курс. 2-е вид., перероб. та допов. Харків: ХНУРЕ.
3. Medium. (б. д.). (2019). Важливість прототипу в дизайні. <https://medium.com/@uiuxukr/важливість-прототипу-в-дизайні-cae53f2a6dd5>.

4. Воротникова, І.П. (Ред.). (2019). Інформаційні технології і засоби навчання: зб. наук. праць. Том 71, (3).
5. Інститут модернізації змісту освіти. (б. д.). Електронні версії підручників. <https://lib.imzo.gov.ua/yelektronn-vers-pdruchnikv/>.
6. Видавництво «Гене́за». (б. д.). Електронні підручники «Видавництва «Гене́за». <https://www.geneza.ua/ebooks>.
7. Dxdigitals. (б. д.). Електронні підручники в Україні, 2020/2021 навчальний рік. <https://www.dxdigitals.info/2013/08/elektronni-shkilni-pidruchniki-Ukraina.html>.
8. Bookri. (2018, 11 червня). Формати електронних книжок. [http://bookri.com.ua/bookri-school/vydy\\_e-knyg.html](http://bookri.com.ua/bookri-school/vydy_e-knyg.html).
9. Розумники. (б. д.). Портал електронних підручників «Розумники». URL: <https://xn---htbboaltok4a8b71.xn--j1amh/catalog/>.
10. Дурняк, Б.В., Піх, І.В., & Сеньківський, В.М. (2022). Теоретичні основи інформаційної концепції формування та оцінювання якості видавничо-поліграфічних процесів. Монографія. Львів: Українська академія друкарства.
11. Міністерство освіти і науки України. (2019). Положення про електронний підручник: [зі змін. та допов., внесені наказом від 29 травня 2019 року №748]. К.: Офіційний вісник України, № 52, стор. 73, стаття 1799.
12. Євро Освіта. (б. д.) Про переваги і вразливі місця електронних підручників. <http://www.euroosvita.net/prog/print.php/prog/print.php?id=1005>.
13. Матвеєв, В. (б. д.) Представлення знань з використанням логіки предикатів. [matveev.kiev/exprt/t4.pdf](http://matveev.kiev/exprt/t4.pdf).
14. Гілеті, І.В., Сеньківському, В.М., & Мельникову, О.В. (2012). Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь. (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 41832. Україна. [Комп'ютерна програма]. Зареєстровано 17.01.2012).



УДК 004.928

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ АНІМАЦІЇ У СУЧАСНІЙ РЕКЛАМІ

**Адашевська І.Ю.**

к.т.н., доцент, кафедра «Геометричного моделювання та комп'ютерної графіки»,  
Національний технічний університет ХПІ

**Краєвська О.О.**

доцент, кафедра «Геометричного моделювання та комп'ютерної графіки»,  
Національний технічний університет ХПІ

**Шеліхова І.Б.**

к.т.н., доцент, «Геометричного моделювання та комп'ютерної графіки»,  
Національний технічний університет ХПІ

***Анотація.** Мультимедійні технології – це елемент інформаційних технологій, що дозволяє представляти інформацію користувачам в інтерактивному режимі в різних формах взаємодії. Враховуючи, що анімація сьогодні є одним з найважливіших факторів при виробництві реклами, анімація є дуже ефективною технологією для виробництва медіаконтенту.*

***Ключові слова:** АНІМАЦІЯ, РЕКЛАМА, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, 3D-ГРАФІКА, РЕКЛАМНИЙ КОНТЕНТ.*

### **Вступ**

Сьогодні анімація вважається однією з найефективніших технологій для відеореклами. Вона пропонує рекламодавцям необмежені можливості для реалізації творчих ідей. Технологія анімації здатна оживляти неживі предмети і створювати світи, які не існують в реальності. Мова анімації здебільшого не вимагає перекладу чи пояснення. Завдяки своїм унікальним комунікативним властивостям анімаційний контент здатний коротко і яскраво висловити свої тези.

Анімація не обмежується лише анімаційними фільмами. Вона знаходить застосування практично у всіх сферах життя, включаючи телебачення, комп'ютерні ігри, презентації, сервіси та сайти в Інтернеті. Технологія анімації має значні переваги перед усіма іншими способами передачі інформації. Анімація робить інформацію динамічною та інтерактивною.

Така форма подачі інформації допомагає глядачам легше засвоювати інформацію. Це пояснюється тим, що розвиток комп'ютерних технологій дозволяє представити складну інформацію у формі, більш зрозумілою широкій аудиторії.

## Мета та задачі дослідження

Метою даного дослідження є вивчення сучасних методів анімації при створенні рекламних відеороликів.

Виходячи з цієї мети, можна виділити наступні задачі:

- вивчити історію створення і становлення анімації;
- виявити класифікацію і тенденції розвитку анімації в сучасній рекламній комунікації;
- вивчити основні поняття, принципи і методи комп'ютерної анімації;
- проаналізувати прийоми і засоби створення анімації в рекламних фільмах.

## Основна частина

Слово «анімувати» буквально означає «Давати життя або рух». Таким чином, «анімувати» означає приводити щось у рух або створювати візуальний ефект руху об'єкта, який не може рухатися сам по собі [1].

Спроби виразити рух за допомогою розпису на стінах відносяться до періоду палеоліту, першої історії кам'яного віку. На картинах того часу тварини зображувалися з безліччю ніг, що перекриваються. При цьому кожен шар ніг накладався на попередній, візуалізуючи рух примітивним способом. Пізніші роботи можна знайти в Ірані та Єгипті між 2000 і 5000 роками до нашої ери, де імітація рухомих об'єктів досягалася шляхом малювання на глиняних глечиках і дошках. Однак ці роботи не можна назвати анімацією. Це пов'язано з тим, що в той час не існувало відповідної технології для передачі руху нерухомих об'єктів. Перша така технологія з'явилася в 180 році н.е. з винаходом зоотропа в Китаї; в XVIII столітті були винайдені пристрої для відтворення анімації за допомогою зоотропа і набули широкого поширення фенакістископ, праксиноскоп і синеограф. Фенакістископ складається з двох дисків, що обертаються навколо однієї осі, з розкадруванням руху, наприклад, ходьби, на одному диску і щілиною на другому. Спостерігач стежить за щілиною, коли вона проходить перед його очима вздовж осі обертання, і спостерігає за чергуванням кадрів на другому диску [2].

Зародження того, що зараз є анімацією датується 20 липня 1877 року. Еміль Рейно, французький інженер-самоучка, побудував перший праксиноскоп і представив його публіці. Практиноскоп – це великий циліндр, що містить набір обертових дзеркал, які направляють зображення в напрямку дзеркал. Дзеркала розташовані таким чином, щоб представити спостерігачеві серію зображень, що слідує одне за іншим. 28 жовтня 1892 року Еміль Рейно продемонстрував перші графічні стрічки з використанням пристрою «оптичного театру» в музеї Гревен в Парижі.

Перші анімації були кольоровими пантомімами, кадр за кадром, і тривали близько 15 хвилин. Пізніше прилад вже використовувався для графічної візуалізації, поєднуючи, наприклад, фотографії з анімованими персонажами і об'єктами. Поступово запроваджувався музичний супровід і розповідь персонажів.

У 20 столітті анімація стрімко розвивалася. Відразу кілька людей почали працювати над анімаційними фільмами. Джордж Мелліс використовував у своїх роботах техніку «стоп-моушен». Суть техніки полягала в зйомці руху об'єктів і кадрів, з невеликими змінами композиції між кадрами. Швидкий рух таких кадрів створював «ефект анімації».

Саме Уолт Дісней почав серйозно використовувати звук в анімації і зображати предмети і оточення. Одним з найважливіших нововведень студії Діснея став винахід багатопланової камери, яка дозволяла створювати ефект паралакса, заснований на видаленні видимого положення об'єктів щодо фону в залежності від положення спостерігача. Цей ефект дозволяє створювати витягнуті фігури, глибину простору в кадрі і нечіткість об'єктів по відношенню до положення глядача. Комерційний успіх анімаційних фільмів студії Уолта Діснея після їх початкового ажіотажу став відправною точкою для створення нової анімаційної студії. Успішними і затребуваними донині є Universal Pictures, Paramount і Warner Bros. [3].

Деякі з перших анімаційних фільмів, зроблених на комп'ютері наприкінці 1960-х-на початку 1970-х років, були створені в університетських лабораторіях завдяки співпраці художників та дослідників. Перше дослідження комп'ютерної анімації було проведено в Массачусетському технологічному інституті в 1963 році.

Наприкінці 1970-х років Нью-Йоркський технологічний інститут приступив до створення «the Works» – комп'ютерного спектаклю з використанням тривимірної графіки. Хоча проект залишився незавершеним, його фрагменти продемонстрували високу якість візуалізації об'єктів, деталізації та взаємодії.

У 1980-ті роки апаратне забезпечення і нові технології значно вдосконалювалися, графічні програми ускладнювалися, а процес створення проектів ставав все більш складним і копітким, щоб домогтися максимально реалістичного уявлення на екрані. У той час Тернер Віттед представив концепцію трасування променів, яка усуває помилки дискретизації. Ці методи були застосовані до складних анімацій з тривимірними сценами та предметами, і завдяки техніці трасування стало можливим створити тривимірне освітлення, що відповідає композиції. Нельсон Макс почав використовувати анімацію частинок для вираження складної візуальної поведінки. Зокрема, у своїх роботах на тему молекул він використовує анімовані частинки. Нельсон Макс став одним з перших, хто створив фільм, в якому була анімована комп'ютерна вода. У сучасному кіно цей метод все частіше використовується для створення таких ефектів, як вибухи складних природних явищ (наприклад, ураганів), перевтілення персонажів і анімація тривимірних моделей.

Наприкінці 20 століття з'явилася нова техніка виробництва анімації: захоплення руху. Об'єкти в русі, що передаються на комп'ютер, оснащуються спеціальними вимірювальними пристроями, які генерують фіксацію переміщення моделі в просторі в певній точці і передають її безпосередньо в комп'ютер в ланцюжку анімації руху об'єкта. Після створення такого «каркаса» до комп'ютерних моделей персонажів можна застосувати 3D-графіку, текстури

і анімацію. Цей метод захоплення руху використовується у виробництві CGI-анімації, моделюванні живих сцен (in-game footage) для ігор і створенні спецефектів для фільмів [4].

Технологія анімації розвивається все більш швидкими темпами, і її використання в різних областях медіа комунікацій стає звичайною справою.

Реклама є одним з основних показників використання сучасних технологій для просування товарів і послуг. Як правило, ефективність рекламного повідомлення визначається співвідношенням витрат і результатів рекламної кампанії. З розвитком анімаційних технологій вартість виробництва рекламних фільмів знижується.

Коли мова заходить про анімацію в рекламі, в першу чергу необхідно розглянути питання, пов'язані з дизайном реклами. Дизайн реклами – це проектна діяльність, що здійснюється з метою створення рекламного образу як частини творчої стратегії рекламної кампанії. Процес дизайну передбачає створення концепції продукту та вибір найбільш оптимального способу його демонстрації споживачам. Конкретний зміст реклами «друкується» на анімації. Це передбачає створення рекламних образів, привабливих для потенційних споживачів і враховує цільову аудиторію, або використання вже існуючої [5].

Анімаційна реклама в Європі, Азії та США включає в себе сучасні рекламні ролики з широким використанням тривимірної графіки, змонтованих на комп'ютері сцен, зразків мальованої анімації, згенерованих на комп'ютері макетів, «стоп-кадрів». Слід зазначити, що можуть бути представлені найрізноманітніші аудіовізуальні твори, включаючи твори, що використовують техніку «руху», а також різні види творів, що поєднують різні техніки і прийоми.

Найбільш поширеними видами рекламної анімації в Японії є рекламні ролики, засновані на тривимірному моделюванні, рекламні ролики, засновані на двовимірній графіці, і гібридні рекламні ролики, що поєднують анімацію і реалістичні зображення.

Таким чином, анімаційну рекламу можна розглядати як різновид аудіовізуальних творів: вирішальним фактором ефективності рекламного ролика є оригінальна концепція, завдяки якій створюються цікаві, незвичайні і оригінальні образи. У той же час використання вже існуючих популярних анімаційних персонажів може викликати і зміцнювати почуття довіри до рекламованого продукту і сприяє ефективності рекламної кампанії. При створенні оригінальних образів виправдано використання незвичайних або нетрадиційних персонажів.

Оригінальні образи можуть виправдати використання нестандартних прийомів і найбільш повно розкрити ідеї. Такі рекламні ролики привертають увагу глядача, краще запам'ятовуються і виділяються серед конкурентів. Для вітчизняної реклами характерно запозичення зарубіжного досвіду, що не завжди позитивно позначається на рекламі. Використання технологій і унікальних концепцій, подібних описаним вище, може значно підвищити якість реклами і є найкращим способом виділити свій продукт з групи аналогів.

Нестандартні технічні рішення можуть не тільки збагатити створюваний образ, але і поліпшити споживчі якості товару, роблячи його більш привабливим для споживачів і затребуваним на ринку [6].

З розвитком нових технологій з'являється все більше можливостей для складної анімації руху об'єктів, частинок і моделей. В даний час найбільш поширеним методом створення анімаційних роликів, фільмів і анімації є технологія комп'ютерної графіки.

Комп'ютерна графіка відноситься до використання комп'ютерів для створення малюнків або креслеників. Комп'ютерна анімація – більш широке явище, що об'єднує малюнки (або моделі) з рухом. Сьогодні комп'ютерна анімація знаходить практичне застосування у всіх галузях виробництва медіа контенту, включаючи традиційну анімацію, комп'ютерні ігри, фільми, віддалену рекламу та рекламу в Інтернеті. На рис. 1 представлено приклад створення начерків вигляду персонажів.



Рисунок 1 – Створення начерків вигляду персонажів

Анімаційні рекламні ролики – це короткометражні фільми, покликані донести інформацію до широкої аудиторії про товар або послугу, представленої в ЗМІ. Залежно від наявності або відсутності анімації рекламні ролики можна розділити на три групи.

1. Анімаційні або постановочні – рекламні ролики за участю акторів; в таких роликах, як правило, відсутній або мінімальний додатковий графічний контент.

2. Анімаційні або мультиплікаційні – рекламні ролики, намальовані художниками і іноді з анімованими персонажами.

3. Комбінований-реklamний ролик, за участю анімованих персонажів, іноді в якості акторів.

Останнім часом в області відео монтажу стала популярна техніка моушн-дизайну. Вона передбачає розробку і виробництво анімаційних роликів, що поєднують класичну 2D-анімацію, 3D-анімацію, 2D-графіку і 3D-графіку.

Моушн-дизайн – це мистецтво анімації графіки, і відноситься до створення зображень, в яких співіснують графічний дизайн і динамічна анімація. Він широко використовується у виробництві рекламних відео для телебачення та Інтернету, графіки для фільмів, комп'ютерних ігор та програмного забезпечення.

Саме поняття «моушн-дизайн» стало загальноприйнятим в 1960 році, коли дизайнер і аніматор Джон Вітні заснував компанію Motion Graphics Inc. для виробництва «моушн-графіки» для телебачення і кіно. В 1961 році Джон опублікував ролик «Catalog», що демонстрував передові можливості анімаційного дизайну, а в 2010 році термін став загальноживаним, коли Кріс і Тріш Мейер випустили книгу «Creating Motion Graphics», що пояснює, як використовувати Adobe After Effects.

Моушн-дизайн включає в себе безліч технік і типів інструментів, які дозволяють створити і візуалізувати будь-який проект в області реклами, медіа та телевізійного дизайну. Ця техніка «дизайну в русі» найчастіше використовується для створення рекламного контенту в Інтернеті і на телебаченні, особливо титрів новин і телевізійних програм, «цифрових декорацій» для концертів і презентацій, фірмових стилів, спецефектів і титрів в кіно. Прийоми моушн-дизайну стали використовуватися в рекламних цілях через їх сильний вплив на загальне враження глядача і запам'ятовування інформації на підсвідомому рівні. У теорії комунікації такі монтажні кадри мають фатичну комунікативну функцію, тобто функцію встановлення контакту. Ефекти моушн-дизайну з яскравими візуальними елементами можуть підвищити ефективність фатичної функції. Інтермедії та рекламні блоки, що вставляються між новинами та програмами, можуть допомогти глядачам сприймати інформацію як актуальну.

Крім того, телевізійний дизайн використовує термін «айдентика» від identify. Завдяки ідентичності глядачі можуть ідентифікувати програму, передачу або рекламу за її стилем (дизайном, кольором). Таким чином, дизайн руху служить сполучною ланкою між різним змістом рекламного ролика [7].

Рекламні ролики, створені з використанням техніки motion design, можна розділити на три групи.

1. ShapeGraphics – двовимірна графіка, що використовує примітивні форми, такі як кола, квадрати і прямокутники. Термін «примітивний» тут не означає простий. «Примітив» відноситься до використання простих фігур для створення складних анімаційних зв'язків.

Такий підхід до створення рекламних роликів призначений для подання складної інформації в структурованому, наочному і простому вигляді, який легко сприймається глядачами. Завдяки своїй простоті і зрозумілості, ролики з використанням графіки форм отримали великий відгук в корпоративній рекламі, рекламі розважальних і ділових послуг, навчальних і презентаційних відеороликах і т.д. Фігурні об'єкти і персонажі допомагають глядачам зосередитися на інформативних елементах ролика, не відволікаючись на непотрібні деталі. Приклад цього представлений на рис. 2.



Рисунок 2 – Двовимірна графіка графіка для соціальних мереж

Прості графічні елементи і стереотипні персонажі в рекламі, можуть співвідносити їх один з одним. Такий рекламний підхід дозволяє швидко запам'ятати рекламне повідомлення.

2. 3D-графіка. Спеціальний простір в графічних програмах, що підтримує роботу з тривимірними моделями і віртуальними об'єктами, змодельованими в трьох вимірах. В рамках програмного забезпечення, що працює з тривимірною графікою, створюються моделі продуктів, об'єкти навколишнього середовища, віртуальні камери, що режисують рекламні ролики під час їх створення в реальному часі.

Перевага створення рекламних роликів з тривимірними об'єктами полягає в тому, що в комп'ютерному світі об'єктів і симуляцій майбутніх фільмів можна робити речі, які неможливо створити і відтворити за допомогою реального реквізиту на реальному знімальному майданчику. Наприклад, при анімації рекламного продукту анімується тривимірна модель персонажа цього продукту. У таких рекламних роликах акцент робиться на візуальних елементах, що створюють уявлення про світ і продукт в рамках цього світу, в якому глядачі хочуть вірити в рекламну продукцію.

У рекламі Adidas X Primeknit глядачі можуть побачити процес моделювання спортивного взуття в реальному часі: 3D-модель створюється за допомогою спеціального програмного пакету для тривимірної графіки, а

отримана поверхня додатково текстурується. Віртуальні камери, що показують продукт з різних ракурсів, надають композиції динаміку. На рис. 3 представлено процес моделювання спортивного взуття в рекламі Adidas X Primeknit.



Рисунок 3 – Процес моделювання спортивного взуття в рекламі Adidas X Primeknit

Крім реклами, 3D-графіка часто використовується в телевізійному дизайні, особливо для заставки, що відкриває новини і програми, для інтерлюдій і титрів, а також в рекламі, де необхідно показати продукт так, як його не можна показати в реальному виробництві на знімальному майданчику. Використання 3D-графіки в рекламі замість фактичних зйомок може зменшити витрати, не потребуючи дорогих камер, знімального обладнання, реквізиту та, перш за все, акторів.

3. Video supported graphics або гібридна графіка – це 2D або 3D графіка, яка вбудовується у відеоматеріал за допомогою спеціального програмного забезпечення і технологій. У цьому випадку створена CG взаємодіє з реальними об'єктами в кадрі. Цей ефект досягається шляхом відстеження руху конкретного об'єкта в кадрі по трьох координатних осях (x, y, z), визначення руху і орієнтації реального об'єкта в просторі і додавання попередньо створених 2D і 3D графічних об'єктів, які реагують і взаємодіють з поведінкою реального знятого об'єкта. Це досягається наступним чином. Гібридна графіка використовується в рекламі, коли необхідно створити неіснуюче оточення для рекламних об'єктів, інтегрувати персонажів бренду і взаємодіяти з реальними акторами або взаємодіяти безпосередньо з глядачем в реальних місцях. Гібридна графіка також використовується для візуалізації статистики та створення інфографіки в реальних місцях.



Гібридна графіка – це також візуальні ефекти в сучасних продуктах кіноіндустрії. І гібридна графіка в рекламі, і візуальні ефекти в кіно використовують однакові інструменти та підходи. Різниця лише в сфері їх застосування. Перша – кіно, друга – реклама. Наприклад, телевізійна реклама автомобіля Nissan Note Ghost Train проводить глядачів через змодельований тривимірний залякувальний простір, в якому рухається автомобіль Nissan. Цей приклад є показовим в області рекламної гібридної графіки, що поєднує моделювання складних об'єктів, анімацію другорядних персонажів, роботу з віртуальним освітленням і відбиваючими поверхнями, а також інтеграцію живих кадрів рухомих елементів в 3D-середовище. На рис. 4 – приклад телевізійної реклами автомобіля Nissan Note Ghost Train.



Рисунок 4 – Телевізійна реклама автомобіля Nissan Note Ghost Train

Застосування техніки анімації для виробництва рекламних роликів вимагає великих знань в області дизайну, анімації, 3D-моделювання та режисури, а також спеціалізованого програмного забезпечення для створення моушн-дизайну. Програмне забезпечення для моушн-дизайну можна розділити на наступні категорії.

1. Програмне забезпечення для композитингу (багатошарового монтажу).

У цю категорію входять програми, які є основним робочим простором для корекції кольору, видалення хромакея, анімованої 2D- і 3D-графіки, ефектів і додавання титрів. Програмне забезпечення в цій категорії включає класичний монтажний стіл, який редагує всі частини кінцевої композиції в одне загальне зображення. Приклади включають Adobe After Effects, The Foundry nuke, Digital Fusion та програмне забезпечення для відстеження 2D-камери.

2. Програми для 2D-і 3D-трекінгу за камерою (matchmoving).

Останні версії програмного забезпечення для композитингу мають інструменти для відстеження об'єктів, але їх може бути недостатньо для складних завдань, і потрібне використання програмного забезпечення, яке відстежує фактичні рухи камери за допомогою віртуального відстеження камери.

На основі віртуальних рухів камери створюється бажаний 3D-об'єкт, який інтегрується в вихідний матеріал так, щоб він знаходився в правильній перспективі по відношенню до реальної камери. 3D-об'єкт з'являється в вихідному матеріалі, як ніби він був там під час зйомки. Програми для 2D і 3D matchmoving включають в себе: Voujou, SynthEyes, MatchMover, PFTrack і т. д.

### 3. Програми для 3D-моделювання.

Ці програми використовуються для складних проектів, що вимагають застосування спеціально створених інструментів:

- Cinema4D – часто використовується для створення рекламних роликів, заставок і титрів;

- Maya – програма, здатна виділяти анімацію 3D-персонажів, використовується для 3D анімованих персонажів;

- 3Dmax – універсальний 3D-редактор, часто використовується для архітектурного проектування і 3D-моделювання;

- Blender – один з базових 3D-пакетів, що розповсюджується безкоштовно, перевага якого полягає в обробці текстуровання 3D-об'єктів, що дозволяє отримувати фотореалістичні зображення;

- 3D element – плагін для Adobe After Effects, який інтегрує 3D-моделі в робочий простір After Effects для подальшого текстуровання і постобробки;

- Houdini – пакет для моделювання складних спецефектів, заснованих на русі анімованих частинок.

4. Високополігональне моделювання, high-poly моделювання  
Високополігональне моделювання – це особлива область 3D-моделювання, що нагадує скульптурні форми. Робочий процес полягає у створенні об'єктів із болванки шляхом видавлювання, розтягування та вирізання фрагментів 3D-моделі. Всі рухи контролюються стилусом графічного планшета. Найпоширенішими програмними пакетами є ZBrush, Mudbox та Rhino.

### 5. Моделювання рідин і частинок (дим, вогонь, вода).

Це доповнення до перерахованих вище програм, яке купується окремо та не входить в оригінальний графічний пакет. Принцип роботи таких плагінів полягає в наступному. Користувач задає умови роботи частинок (час життя, вектор руху, тертя щодо поверхні, кількість, фізика руху, розмір і т.д.). На наступному етапі значення і координати передаються в 3D-пакет, де на частинки накладаються необхідні текстури і далі відбувається рендеринг (відтворення).

### 6. Flash-анімація.

Особливий інтерес представляє Flash-анімація, яка спочатку була розроблена і використовувалася виключно в Інтернеті, оскільки розмір таких

роликів економить велику кількість інтернет-трафіку, а також тому, що навчання даної технології дуже просте. Переваг використання Flash кілька:

- малий розмір файлу;
- масштабованість об'єктів без погіршення якості зображення;
- можливість швидкої кастомізації (модифікації) кліпів;
- легка інтеграція зображень і аудіо;
- універсальність: може відтворюватися у всіх браузерах.

На відміну від інших видів анімації, де повинна працювати велика команда фахівців, кожному з яких ставиться певне завдання, технологія flash розрахована на невелику групу аніматорів або одного розробника. Adobe Flash, редактор для створення таких анімацій, дозволяє заощадити багато часу і грошей. У більшості випадків проекти не вимагають детального рендеринга оточення, тим більше, Flash-редактор дозволяє значно знизити бюджет та домогтися якісної класичної анімації з елементами псевдо-3D анімаційних об'єктів [6].

Flash-анімація займає міцні позиції в рекламному середовищі завдяки низькій вартості виробництва, привабливості для аудиторії, рентабельності, доступності та самодостатності. Існує думка, що такі рекламні ролики прості по дизайну і виконанню і тому відлякують потенційних клієнтів. При створенні рекламних роликів і анімованих банерів розробникам необхідно ретельно продумати всі деталі і основну тему анімації. Анімація – це підбір кольорів, анімованих зв'язків, логічних переходів і ефектів, які найбільш зручні для різноманітного сприйняття людського ока, прибирають будь-які нав'язливі ефекти і тим самим не відштовхують глядача.

Існує кілька способів створення анімованих роликів. Найвідомішим, мабуть, є класичний метод. Класична анімація дуже трудомістка, так як кожна окрема картинка повинна бути створена шляхом чергування малюнків (принцип мультфільму). Метод лялькової анімації схожий на класичний. У міру розвитку технологій методи змінювалися і модернізувалися. Так, з'явилися спрайтова анімація, морфінг, motion capture і т. д. Найбільш часто використовувані методи для створення анімаційних роликів:

- методи, засновані на процедурній анімації;
- методи, засновані на ключових кадрах.

Процедурна анімація являє собою алгоритмічно описані перетворення, кожне з яких визначається параметрами. В процесі анімації ці параметри можуть бути перетворені, переміщені і перепозиціоновані в просторі відповідно до законів фізики. По суті, цей метод анімації повністю заснований на математичних формулах. Часто процедурна анімація використовується для створення різних фізичних ефектів.

Анімація, заснована на ключових кадрах, є більш доступною, ніж анімаційні послідовності. Багато ранніх систем комп'ютерної анімації базувались на встановленні значень змінних, пов'язаних з певними об'єктами, у ключових кадрах та автоматичному обчисленні значень цих змінних у решті

кадрів. До таких змінних відносяться координати положення об'єкта в просторі і кут його орієнтації, прозорість і розмір об'єкта. Ці змінні називають зчленованими змінними. У кадрах, які не є ключовими кадрами, значення параметрів отримуються шляхом інтерполяції значень у ключових кадрах.

У більшості випадків важливим завданням аніматора є визначення загальної якості руху, а не просто вказати координати руху об'єктів в просторі, беручи до уваги їх ставлення один до одного.

Анімовані об'єкти, на яких будується структурна модель, бувають кінетичними і динамічними. Кінетичне управління – це рух об'єкта без урахування сил що беруть участь у створенні руху. Динамічне управління пов'язане з обчисленням сил, що використовуються для створення руху.

Логічним розвитком методу ключових кадрів є комп'ютерна анімація. Комп'ютерна анімація виникла як основна техніка, яка виникла з традиційної анімації і базувалася на інтерполяції між ключовими кадрами. Пізніше з'явилися кінетичні та дискретні моделі для структурного представлення об'єктів. Згодом техніки комп'ютерної анімації зробили акцент на дотриманні фізичних законів і динамічні моделі. Подальший розвиток отримала комп'ютерна анімація, яка розвивається з використанням пристроїв віртуальної реальності і все більш складних технік анімації

### **Результати досліджень**

Сьогодні анімація є найбільш доступною і ефективною технологією виробництва медіа контенту. Розвиток сучасного ринку відеореклами тісно пов'язаний з розвитком анімаційних технологій. З кожним роком анімація стає все складніше і красивіше, в ній з'являється все більше технологій. Нові рішення, такі як візуалізація, переходи, персонажі та їх варіації, дозволили рекламодавцям перетворити простий рекламний ролик на витвір мистецтва.

Для глядача реклами саме зображення вирішує питання про покупку, і чим воно реалістичніше, привабливіше і апетитніше, тим швидше клієнт захоче придбати товар. Завдяки комунікативної функції візуальних образів, повідомлення назавжди залишається в пам'яті глядача. Щоб створити такий ефект, рекламодавці звертаються до висококваліфікованих фахівців, коли мова йде про виробництво анімаційних відеороликів, будь то 2D або 3D анімація. Завдяки сучасним технологіям якість CG і анімації в рекламних роликах досягла такого рівня, що вони не відрізняються від промо-роликів і трейлерів високобюджетних фільмів. Вплив такого рекламного контенту на глядача призводить до повернення рекламних витрат у вигляді зростання продажів. Такий підхід до виробництва реклами набирає обертів, в черговий раз демонструючи перспективність анімації у виробництві рекламних відеороликів.

## Висновки

Як видно з вищесказаного, анімація в рекламі займає важливе місце для виробництва успішного рекламного контенту. Її висока динаміка та інформативність привертають увагу глядача, а візуальні образи сприяють швидкому запам'ятовуванню рекламного повідомлення. Більше того, ці відеоролики є самостійними інструментами для активних користувачів і швидко поширюються серед них, що робить їх самостійним інструментом продажів, особливо в Інтернеті. Використовуючи нетрадиційні рішення і концепції і сучасні технічні засоби створення візуальних образів, можна створювати унікальні рекламні продукти.

Список літератури.

1. Parent, R. (2012). *Computer Animation: Algorithms and Techniques*. Elsevier Science.
2. Бордмен, А.О. (2019). *Ілюстрована історія кіно*. Видавництво Старого Лева.
3. Сердюк, М. (2019). *Волт Дісней*. «Агенція «ІРІО»».
4. Аліфанов, О.А., & Десятник, Г.О. (2016). *Основи операторської творчості. Теоретичні та історичні аспекти*. КНУ.
5. Владимирська, Г., & Владимирський, П. (2009). *Реклама*. Кондор.
6. Євсєєв, О.С. (2014). *Комп'ютерна анімація*. ХНЕУ ім. С. Кузнеця.
7. Мурашко, М.В. (2017). *Проектно-художній інструментарій моушн-дизайну (на прикладі рекламного ролика)*. ХДАДМ.

УДК 515.2

## ГІЛЬОШУВАННЯ ЯК СПОСІБ ГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ БЛАНКІВ ЦІННИХ ПАПЕРІВ

**Челомбітько В.Ф.**

к.т.н., доцент, кафедра Медіасистем та технологій,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Наведено методи захисту документів і цінних паперів з застосуванням гільоширних композицій, використання орнаменту як способу опису та побудови гільоша, застосування в геометричному моделюванні й дизайні кривих з монотонними функціями кривини, поняття кривини лінії для опису натурального рівняння кривої, приклади побудови кривих, уздовж яких їхня кривина міняється за заданим законом, їх реалізація у середовищі математичного пакету Maple.*

***Ключові слова:** ГІЛЬОШ, ГЕОМЕТРИЧНІ ОРНАМЕНТИ, ВІЗЕРУНКОВІ РОЗЕТКИ, ЛІНІЇ З КЕРОВАНИМИ КРИВИНАМИ, НАТУРАЛЬНЕ РІВНЯННЯ КРИВОЇ, MAPLE.*

### **Вступ**

Проблема ефективного захисту від підробок документів і цінних паперів виникла не одне сторіччя назад, однак залишається актуальною й донині. Для її розв'язання застосовується безліч методик і технологій з різних областей людської діяльності. До числа основних варто віднести *поліграфічні методи захисту* [9, 10, 24, 29].

Методи захисту на стадії дизайну є найбільш алгоритмічно значимими й найменш залежними від технічних ресурсів прийомами захисту поліграфічних виробів, тому вони найчастіше застосовуються на практиці. До їх числа відноситься використання складних растрових осередків при підготовці зображення, застосування *гільоширних композицій*, що представляють собою складні візерунки з тонких гладких ліній, а також вбудовування *текстурних водяних знаків*.

Гільоше (франц. guilloche) – особливий візерунок на поверхні й спосіб його нанесення. Гільоше вперше було застосовано А.-Л. Бреге [11]. Технологія гільоше дозволяє гравірувати на корпусі годинника і циферблаті (за допомогою спеціальних гільоширних машин або вручну) особливий тонкий малюнок у вигляді комбінації прямих і кривих ліній. Гільоше надає циферблату приглушене внутрішнє світіння й шляхетність.

Спосіб гільоширування полягає в нанесенні на поверхню тонкого гравірованого візерунка із хвилеподібних, паралельних або пересічних штрихів у правильній геометричній послідовності. Такими елементами можуть бути захисні сітки, розетки, бордюри, віньетки й куточки. Здійснюється за допомогою спеціальних машин типу токарного верстата з обертовим барабаном і різцем (гільоше), що працюють за заданою програмою [1].

Розетка в архітектурі – це мотив орнаменту у вигляді пелюстків квітки, що розпустилася, або декількох листків, однакових за формою, розташованих обертово-симетрично й радіально розбіжних із серцевини, подібних ботанічній розі.

Вважається, що гільош – ефективний спосіб захисту бланків цінних документів від підробок [3, 4, 5, 25, 26].

### **Мета та задачі дослідження**

Метою дослідження є розробка та впровадження комп'ютерної моделі опису та побудови естетично досконалих візерункових ліній, уздовж яких їх кривина змінюється за попередньо заданим законом, а їх колір змінюється пропорційно зазначеній кривині.

*Для досягнення мети* поставлено такі основні задачі:

- здійснити огляд та критичний аналіз відомих методів опису та побудови візерункових кривих (переважно гільош-розеток);
- розробити на основі натуральних рівнянь спосіб опису та побудови естетично досконалих візерункових кривих залежно від їх функцій кривини;
- розробити способи редагування візерункових кривих, описаних натуральними рівняннями, а саме зсуву вздовж координатних осей, обертання та масштабування.

*Об'єктом дослідження* є процес формоутворення дизайну естетично досконалих візерункових кривих, уздовж яких їх кривина та колір змінюються за заданим законом.

*Предметом дослідження* є математичне забезпечення алгоритмів формування вказаних геометричних об'єктів. Реалізація алгоритмів має здійснюватися, виходячи з характеру зміни кривини вздовж цих кривих за наперед заданим законом.

### **Основна частина**

#### **1.1 Гільош як спеціальна технологія захисту документів і цінних паперів**

Рисунок, який призначений для захисту від фальшивомонетників, можна побачити на будь-якій грошовій купюрі. Існують різні методи поліграфічного захисту цінних паперів, бланків суворої звітності. Ще в XVIII столітті гостро встала проблема захисту купюр від підробок. Гільоширні елементи стали друкувати на асигнаціях та інших цінних паперах. В XIX столітті гільош створювався на спеціальних механічних гільоширних машинах (рис. 1.1) [1].

Приблизно в цей же час з'являються ідеї про захист цінних паперів і грошових купюр за допомогою складних тонких ліній. Так виникає нова технологія – гільош. Застосування техніки гільоша як захисних засобів від підробок стають популярним у ряді європейських країн [1, 4].



Рисунок 1.1 – Макет механізму для побудови гільюша

Графічні зображення вносяться в документ на стадії додрукарської підготовки й містять захисні ознаки: гільюширні елементи, гравюри, приховані зображення, тощо [9]. Гільюш – це спеціальна технологія захисту документів і цінних паперів за допомогою композиції з гільюширних елементів, розміщених на поверхні документа, що захищається.

Гільюширними елементами називають малюнок з великої кількості візерункових мереживних тонких ліній, заданих, у тому числі, і математичними формулами. Такими елементами можуть бути захисні сітки, розети, бордюри, віньетки й куточки. Гільюш по своєму дизайну може бути як симетричним, так і асиметричним. Відповідно до існуючих нормативів гільюширні елементи повинні займати не менш 70% площі цінних паперів. Причому більша частина цієї площі повинна містити багатобарвні гільюширні композиції [5].

Повторити гільюширну композицію, отриману методом орловського друку, коли до всіх складностей додається плавно й довільно мінливий колір кожної лінії, іншими способами (офсет, трафарет, високий або глибокий друк) неможливо. Підроблена лінія вийде або безперервною, але монохромною, або зі змінним кольором, але переривчастим, що складається з растрових точок. Витримати обидві вимоги одночасно не вийде. Крім усього іншого, навіть монохромні гільюширні елементи складні для сканування, тому що нерідко містять повторювані періодичні елементи, здатні завантажити величезні масиви пам'яті й утруднити роботу комп'ютера.

З розвитком комп'ютерної графіки стали розроблятися різні математичні методи й програми для створення гільюша. У наші дні більшість гільюширних елементів створюється на основі складних комп'ютерних програм, заснованих на спеціальних математичних формулах [12, 15, 16, 23].

Оскільки принцип побудови гільюширних елементів заснований на використанні й накладенні стандартних функцій, таких як синус і косинус, користувачеві програмного забезпечення з гільюширної графіки необхідні хоча б базові знання з вищої математики [5, 11, 15, 16, 23].



Гільоширні елементи створюються поетапно. Спочатку задається основа, на якій і будуть будуватися всі наступні кроки. Як основа може виступати будь-яка геометрична фігура, що утворює систему координат, у рамках якої й буде створюватися гільоширний рисунок.

На другому етапі задаються дві обвідні криві, що служать основою для всіх інших ліній. І тільки після цього задаються функції на заповнення простору між обвідними.

У роботах [25, 26] пропонується декілька способів аналітичного опису й побудови розеток; наприклад, за допомогою полярного радіуса виду

$$\rho = a^2 \left[ \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^2 + \left( \frac{1}{n} \right)^2 - 2 \left( \frac{1}{n} \right) \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \cos(n\varphi) \right], \quad (1.1)$$

де  $\varphi$  – полярний кут;

$n$  – параметр форми кривої (епітрохоїди).

У роботах [25, 26] наведені формалізовані підходи до опису та побудови епі- та гіпоциклоїд. На сайті [29] наведені формули для опису трохоїд, на основі яких можна побудувати сім'ю гільош-розеток:

$$\begin{aligned} x &= (R + r) \cos(mt) + (r + p) \cos\left(\frac{m(R + r)}{r} t\right) + Q \cos(mt); \\ y &= (R + r) \sin(mt) - (r + p) \sin\left(\frac{m(R + r)}{r} t\right) + Q \sin(mt) \end{aligned} \quad (1.2)$$

де  $t$  – параметр, а іншими літерами позначені «секретні» параметри, що впливають на геометричну форму візерунка розеток (рис. 1.2).

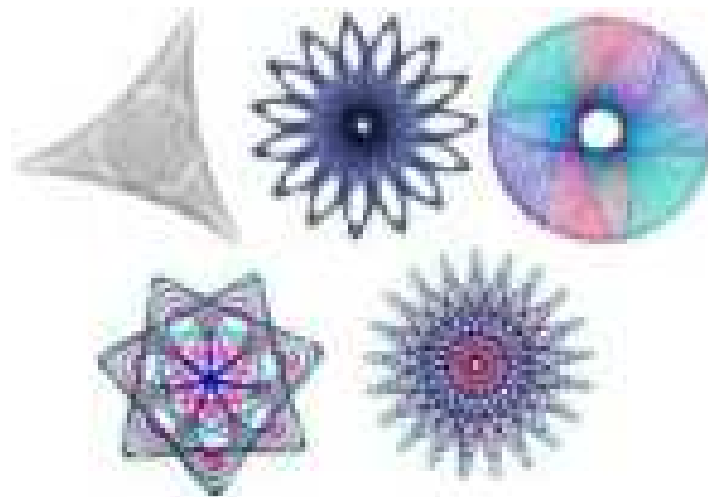


Рисунок 1.2 – Приклади гільош-розеток

Нові зображення можна моделювати, змінюючи параметри формул (1.2). Але досвід показує, що шляхом ускладнення аналітичних залежностей параметричних формул (1.2) не можна істотно вплинути на ускладнення візерунка розетки, і тим самим підвищити захист цінних паперів поліграфічними засобами.

Крім того, при деякій навичці можна створити програму підбора «секретних» параметрів для одержання певного зображення розетки.

На рис. 1.3 наведені приклади відомих гільош-розеток, побудованих за допомогою декількох варіантів сумісного використання формул виду (1.2), а на рис. 1.4 зображені реальні гільоші із фрагментами розеток. У роботах [23, 24, 28] наведені деякі інші способи опису й побудови гільош-розеток.

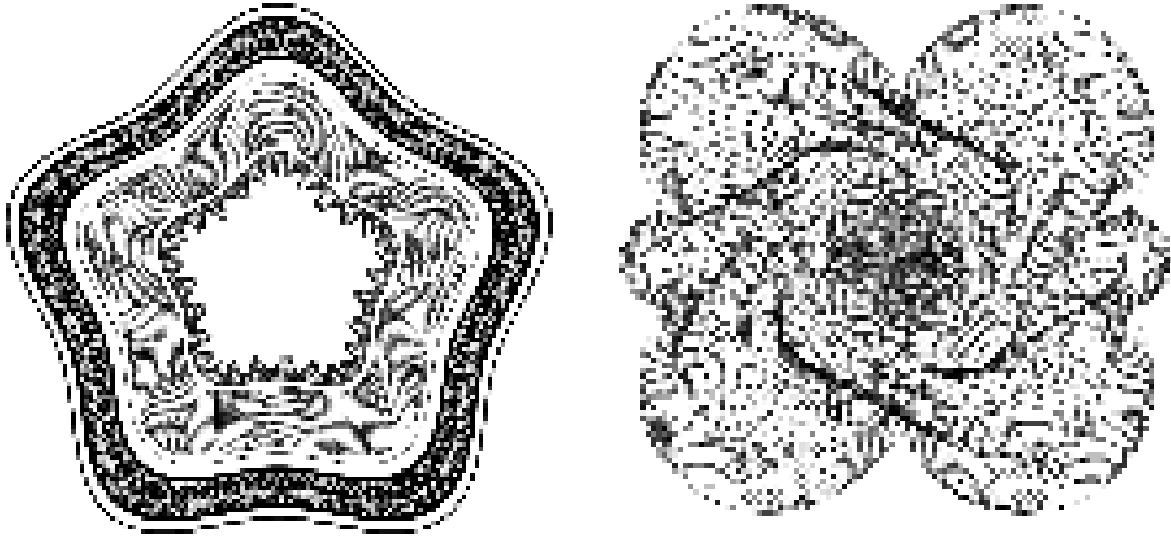


Рисунок 1.3 – Приклади складних гільош-розеток

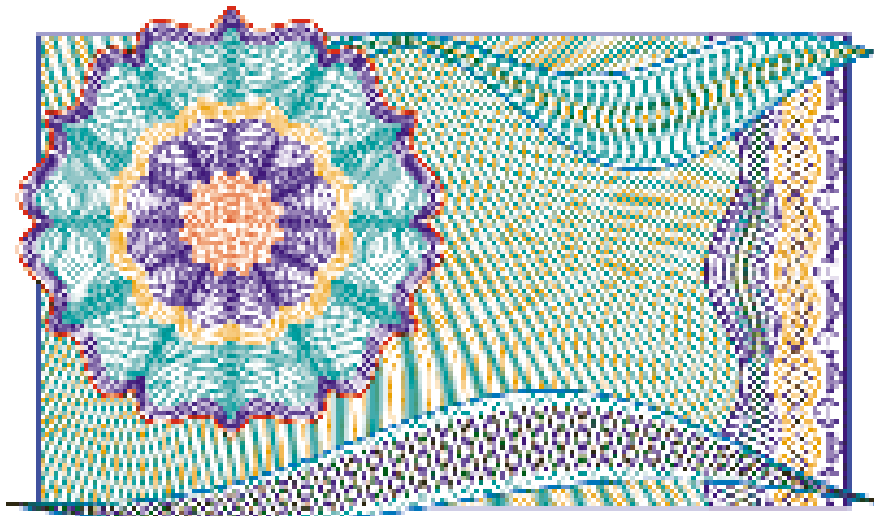


Рисунок 1.4 – Реальні гільоші із фрагментами гільош-розеток

Гільоширний рисунок – лише частина комплексу мір, спрямованих на захист від підробок. Додатково підвищувати надійність можна (і потрібно), використовуючи, наприклад, особливі сорти паперу, тиснення фольгою, металізацію й голограми, які навіть більш кращі, оскільки помітні неозброєним оком (рис. 1.5, 1.6) [9, 10].

Очевидно, що практична цінність гільоша для звичайних людей досить спірна. З іншого боку, фахівцеві наявність візерунка дозволяє визначити дійсність, чим і пояснюється його присутність на всіх мало-мальськи значимих документах.

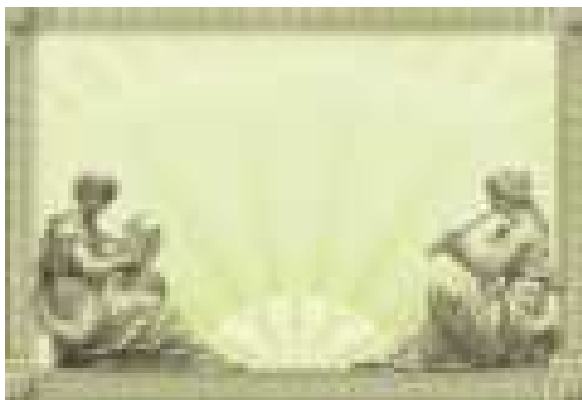


Рисунок 1.5 – Гільош для цінних паперів



Рисунок 1.6 – Банкноти Папуа – Нової Гвінеї

Однак, останнім часом частіше з'являється думка, що гільош у певному розумінні втратив своє «охоронне» значення. Такі композиції частіше застосовуються для декоративного оформлення, ніж як серйозний бар'єр для зловмисників: гарна композиція з тонкого мережива ліній може задати стиль всьому документу або ж органічно доповнити загальний дизайн.

Цікаво, що часто гільоширні елементи стають частиною загального оформлення документа, елементом дизайну. Звичайно гільошем прикрашають дипломи, грамоти, свідоцтва. Звичайно, гільоширні елементи й тут гідно виконують свою основну функцію – захищати від підробки, але все більша увага приділяється їхньому зовнішньому вигляду.

## 1.2 Орнаменти як основа опису та побудови графічного захисту цінних паперів

Орнаменти є надбанням світової культури, адже вони відображають особливості характеру цілих народів [5, 7, 8, 22, 27]. Для України орнаменти займають особливе місце, адже вони визначають прояви знакових систем трипільської культури, і є відомими ще з давніх часів [2, 6, 13, 18]. Навряд чи можливо переоцінити глибину геометричної уяви й винахідливість, відбитих в візерунках орнаментів. Їхня побудова не тривіальна в математичному відношенні. Математик Г. Вейль зазначає, що мистецтво орнаменту містить у неявному вигляді найбільш древню частину відомої нам вищої математики ([https://uk.wikiquote.org/wiki/Герман\\_Вейль](https://uk.wikiquote.org/wiki/Герман_Вейль)), [7].

Здавалося, що стародавні орнаменти вже досконалі і не схильні до розвитку і удосконалень. Однак у середині ХХ століття з математики в мистецтво прийшов Мауріц Корнеліс Ешер (1898-1972) і здивував світ створенням небачених раніше орнаментів. Ящірки й птахи, риби й люди в його графічних аркушах переплетені у щільні, математично строгі візерунки. І стало зрозуміло, що світогляд народу, його своєрідність яскравіше всього виявляється саме в орнаментальних композиціях. Слід зазначити, що орнамент, незважаючи на термін (лат. *ornamentum* - прикраса), не є мистецтвом прикраси. Це мистецтво організації. Він нічого не зображує, але організує. Тому структура в орнаменті набагато важливіша всякої зображальності й подібності. Орнамент,

як мистецтво порядку, протистоїть хаосу. Він включає річ у струнку систему світу, у стійку світову ієрархію. Недарма, при словах “гармонія світу” відразу спонтанно виникає образ орнаменту [8].

З іншого боку, основою орнаменту завжди служить щось цілком реальне, більше того, повсякденне. У мистецтві орнаменту таку основу називають мотивом. І тут дуже важливо, щоб реальний предмет, обраний як мотив, не мав яскраву індивідуальність, інакше він буде відволікати увагу від всієї орнаментальної структури в цілому, що важливіше будь-якої самої яскравої індивідуальної риси.

Цікаво, хто зараз більше займається вивченням орнаменту – мистецтвознавці або математики? У розумінні структури й технології створення (сприйняття) орнаментів математики, мабуть, досягли більшого. Тому доцільним буде дослідити, як математична правильність входить у саму суть мистецтва орнаменту, яке стає виразним засобом.

В роботі [8] розглянуто способи класифікації давніх орнаментальних систем Євразії. Ранній етап трипільської культури на території України висвітлено в роботі [6]. В роботі [7] вивчено спіральні орнаменти трипільської кераміки. Знакові системи трипільської культури досліджено в роботі [6]. Підводячи підсумок предметному огляду слід зазначити, що ключовим моментом побудови орнаментів є використання елементів симетрії їх частин. Існує значна кількість математичних способів опису та побудови орнаментів засобами обчислювальної техніки. Звичайно графіки функцій будують у декартових координатах, але іноді застосовують полярні, логарифмічні й деякі інші системи координат. В роботі [11] (та інших подібних) наведено програми для ЕОМ побудови різноманітних візерунків. Але відкритим залишається питання осмислення стратегії побудови зображень орнаментів з елементами симетрії. Тому актуальними будуть дослідження, спрямовані на формалізацію побудови засобами обчислювальної техніки орнаментів з елементами симетрії.

Далі розглянуто концептуальні моменти створення орнаментів – від звичайної графіки до технологій комп’ютерної графіки.

В орнаменті людство стало бачити щось більше, ніж просто прикрасу, адже в основі будь-якого орнаменту лежить строга ритмічна закономірність. А оскільки різноманітні ритми становлять саму суть будь-якого твору мистецтва, то кожне з них можна розглядати як своєрідний орнамент. Так виникали практично всі конструктивістські й абстракціоністські напрямки в мистецтві ХХ століття. Художники цих напрямків розкладали живе враження на дрібні складові частини й потім складали з них мальовниче полотно, скульптурний об’єм, архітектурний простір, танець або кінофільм. Більш того, сьогодні, на самому початку ХХІ століття, уже можна визначити саму глибинну особливість мислення людини минулого сторіччя – орнаментальність. Усе у фізичному, психічному й духовному світі людини складено із простих і досить ясних елементів (мотив орнаменту), які, так чи інакше, взаємодіючи між собою, становлять багатомірну картину.

Основними класифікаційними ознаками орнаменту служать його походження, призначення й зміст. З врахуванням усього цього орнаментальні форми можна об'єднати в такі різновиди [10].

Технічний орнамент. Виникнення форм цього орнаменту обумовлено трудовою діяльністю людини. Наприклад, фактура поверхні предметів із глини, виготовлених на гончарному колі, малюнок найпростіших кліток тканини при виробленні її на первісному ткацькому верстаті, спіралеподібні витки, одержувані при плетінні мотузок тощо.

Символічний орнамент. Формуванню символічного орнаменту сприяла спільність природи умовно-символічних зображень творів орнаментального мистецтва в цілому, а самі орнаментальні образи, як правило, являють собою символи або систему символів. Такого роду зображення здатне в лаконічній формі виразити дуже широкі, різноманітні поняття. З'явившись у Древньому Єгипті й інших країнах Сходу, символічний орнамент і сьогодні продовжує відігравати важливу роль.

І, нарешті, найбільш цікавий для нас геометричний орнамент. Спочатку цей орнамент виник завдяки злиттю технічного й символічного орнаментів, утворивши більш складні комбінації зображень, позбавлені конкретні оповідальні значення. Відмова від сюжетної основи в цьому виді орнаменту дозволив акцентувати увагу на строгому чергуванні окремих природних мотивів. Адже будь-яка геометрична форма – це споконвічно реально існуюча форма, гранично узагальнена й спрощена.

Стилізацією в орнаменті називають узагальнене зображення реальних предметів або фігур. Але для узагальнення необхідно відволіктися від конкретного предмета, побачити його в ряді таких же предметів, виділити основні риси. Інакше кажучи, стилізація припускає досить високий рівень осмислення навколишнього світу. Прагнення передати лише основні риси предмета, видаливши все несуттєве, є загальним для мистецтва. Художник намагається показати птаха взагалі, людину взагалі, рослину взагалі.

Особливо багато займалися законами й видами симетрії вчені-кристалографи, адже від різного розташування тих самих атомів сильно залежать і властивості мінералу. Тобто різні види симетрії спричиняють різні фізичні властивості. Вважається, що дзеркальна поверхня відбиває не тільки нас самих, але весь наш світ, створюючи грандіозну ілюзію. Але для одержання найвищого ілюзій можна використовувати не одне, а два й більше дзеркал, по-різному розташовуючи їх, одне відносно одного.

Саме так здійснив в 1819 році Девід Брюстер і винайшов відомий сьогодні кожному калейдоскоп. Дитячі іграшки калейдоскопи, українські хоровади, грецький меандр і мелодії в строгому поліфонічному стилі - все це вираження симетрії повороту. Тому й сприймаються різні за видами симетрії орнаменти по-різному.

Кінцевий орнамент (розетка), заснований на симетрії повороту, створює відчуття центричності, замкнутості, статичності, цілісності. Ми сприймаємо його

як яесь подання глядачеві. Вважаємо, що він звернений до нас, у анфас, подібно обличчю людини, і веде погляд споглядача в глибину. Нескінченний орнамент (бордюр, мережа), створюючи враження рухливості, фрагментарності, спрямовує погляд глядача уздовж площини. Дзеркальна симетрія дає відчуття врівноваженості й спокою, осьова симетрія народжує враження обертового руху, а перенос (трансляція) сприймається як поступальний рух.

Основу геометричного орнаменту становить вузол, що сприймався в стародавності як один з найдужчих магічних засобів. Не випадково плетіння, в'язання, ткацтво завжди вважалися ремеслами, тісно пов'язаними з обрядовою стороною життя. Власне, всі три операції з вузлами (плетіння, в'язання, ткацтво) є створенням симетричної орнаментальної композиції на основі вузла як мотиву.

Геометричний вузловий орнамент став також основою перших літер і алфавітів, що дотепер зберегли в накресленні “вузлики” і “петельки”. Природно, що й літери легко складаються в орнамент. Поверхневий геометричний орнамент складається вже із дуже стилізованих вузликів і переплетень. Це хрести, трикутники, кола, нанесені, наприклад, на поверхню глиняного горщика, і які відіграють роль оберегу.

Однак у такому образотворчому орнаменті бачиться й небезпека для орнаментального мистецтва взагалі. Мотив тут практично не стилізований, а лише сильно спрощений. Це не дозволяє глядачеві відволіктися від мотиву й розглядати всю композицію в цілому. Увесь час хочеться уважно розглянути й найкрихітніше зображення. Напевно, тому художники початку ХХ століття швидко відмовилися від образотворчого орнаменту й зосередили увагу на різних видах геометричного. Такий орнамент чудово сполучався з абстрактними композиціями й знахідками кубістів. Багато полотен А. Екстер, К. Малевича, М. Матюшина, В. Кандинського та інших у більшому або меншому ступені є орнаментальними композиціями [5, 7, 18].

У фізиці, хімії, економіці та багатьох інших галузях використовується безліч функцій і залежностей, що описують певні процеси, і часто їхнє графічне подання виявляється корисним. Крім того, графічні зображення, одержані за допомогою комп'ютера, можуть нести і певний естетичний зміст [4, 11, 14].

Машинні візерунки використовують для сучасної реклами, як заставки в книгах і журналах, в декоративних малюнках, які наносяться на тканину та посуд, тощо. Останнім часом організуються виставки художньої машинної графіки, адже орнаменти, які побудовані комп'ютером, часто не підпадають під якийсь стиль, і за формою можуть бути набагато більш різноманітніші, ніж придумані художниками. Для оформлення приміщень (паркетних підлог, стін та стель) все більшого поширення набувають візерункові розетки – тобто орнаментальні мотиви переважно у вигляді квітки, що розпустилася, з однаковими симетричними відносно повороту пелюстками (застосовуються в архітектурі, ювелірних виробках, тощо).

Відомі результати доцільно було б доповнити шляхом створення алгоритмів побудови візерункових розеток з використанням обчислювальної техніки. Наприклад, за допомогою ліній з керованою кривиною залежно від параметрів, що входять до їх описів. Адже при деяких розрахунках для опису кривих доцільно застосовувати їхні натуральні рівняння. Інакше кажучи, такі рівняння, які описують кривину лінії залежно від натурального параметра  $s$ , що визначає довжину даної кривої починаючи з її деякої точки.

Розглянуті моменти створення орнаментів дозволять будувати орнаменти засобами технологій комп'ютерної графіки, базуючись на концептуальних моментах звичайної графіки.

### 1.3 Існуючі способи опису та побудови гільоша

З впровадженням обчислювальної техніки для виготовлення захисних елементів стали широко застосовуватися персональні комп'ютери зі стандартним програмним забезпеченням. Ринок програмного забезпечення по гільоширній графіці досить вузький, причому більшість представлених на ньому продуктів – це додаткові модулі (плагіни) для популярних редакторів векторної графіки, у першу чергу Adobe Photoshop, CorelDRAW і Adobe Illustrator. Їх характеризують відносно невисока ціна й настільки ж обмежена функціональність, а результати роботи можна використовувати лише як декоративні елементи – вони недостатньо складні, щоб забезпечити захист документів.

Мабуть, кращі з повноцінних пакетів для гільош-дизайнерів пропонує російська компанія SecuritySoft Co. У її арсеналі три лінійки продуктів, що охоплюють практично повний спектр завдань, що виникають при розробці захисних елементів графічного оформлення.

Захистом документів і цінних паперів займаються професійні гільош-дизайнери; за допомогою спеціальних програм, наприклад CERBER®. Вони створюють захисні й декоративні гільоширні елементи, що використовуються для захисту документів від підробки, для оформлення акцизних знаків, лотерейних і проїзних квитків, почесних грамот, сертифікатів і дипломів [12].

Програма CERBER® дозволяє швидко згенерувати різні сітки, розетки, бордюри, а також інші гільоширні елементи по заданих замовником точних числових параметрах. У програмі використовуються оригінальні математичні алгоритми, які дозволяють захистити створений унікальний дизайн від підробки й дублювання.

Елементи дизайну неможливо точно повторити навіть за допомогою цієї ж програми без точних даних про використані у формулах числові значення. Для коефіцієнтів у формулах можуть бути використані дробові числа з великою кількістю розрядів після коми, що й дає унікальність функцій.

Створення елементів провадиться користувачем в інтерактивному режимі – відразу видно результат роботи програми на екрані. Робота по створенню елементів розділена на етапи, кожний з яких добре описаний у довідковому розділі. Гільоширні елементи задаються геометрично й управляються рядом





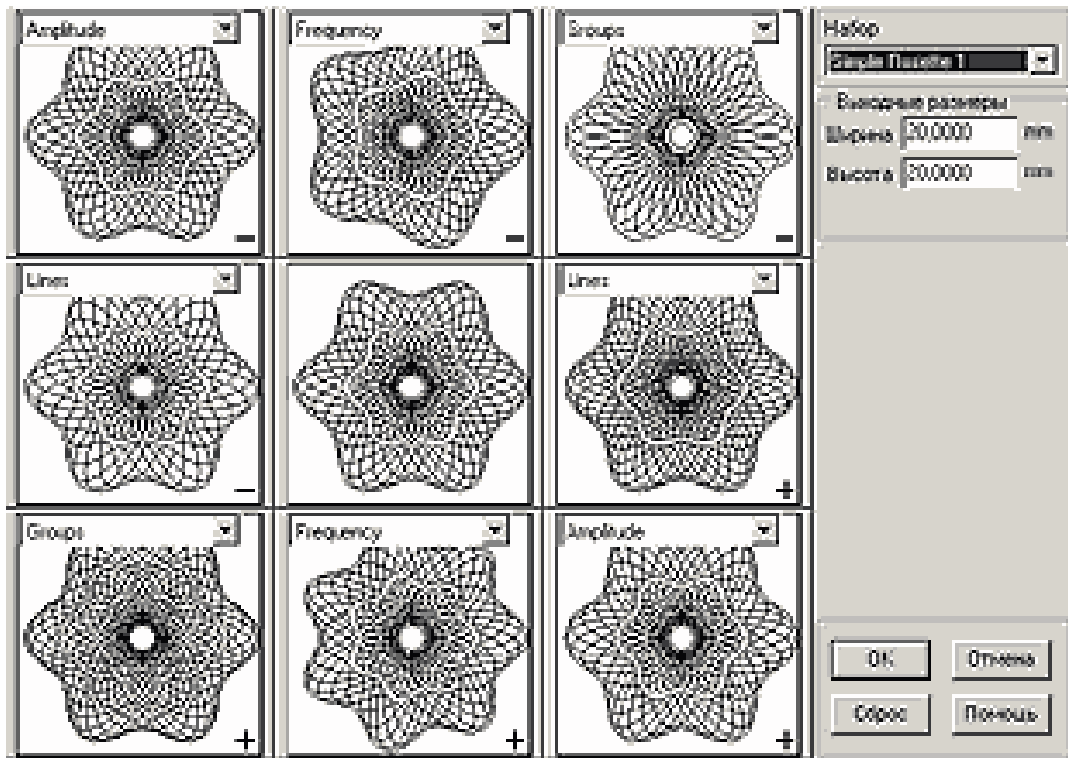


Рисунок 1.9 – Вбудований майстер гільшей

За допомогою програми CERBER® можна створювати такі елементи:

- елементи замкнутої форми – розетки;
- лінійні елементи – бордюри;
- елементи фону – захисні й декоративні сітки;
- спеціальні ефекти – базуються на півтонових зображеннях;
- 3D-малюнок, видавлений із сітки - зсув ліній сітки залежить від напівтонів малюнка;
- зображення з мікротекстом – модуляція мікротексту напівтонами малюнка;
- різні модуляції сітки напівтоновим зображенням по амплітуді, фазі, частоті;
- штрихові й гравюрні ефекти – передача півтонів різними типами штрихових ліній;
- орнамент – накладення ліній з різною шириною одна на одну;
- поєднані елементи – складаються з комбінацій перерахованих вище елементів.

Проведений огляд літературних джерел показав, що ще недостатньо досліджено питання підвищення ступеня захисту цінних паперів поліграфічними засобами шляхом ускладнення візерунка розетки з одночасним спрощенням способу його кодування.

1.4 Застосування в геометричному моделюванні й дизайні сім'ї кривих з монотонними функціями кривини

У роботах [29-33] розглядаються сім'ї кривих з монотонними функціями кривини і їхнє застосування в геометричному моделюванні й естетичному дизайні. Наводиться приклад моделювання поверхні кузова автомобіля за

допомогою естетичних сплайнів. Зазначається, що естетична привабливість промислових продуктів є дуже важливим фактором для їхнього успішного просування на ринку збуту. Більшість кривих і поверхонь, які використовуються у традиційних системах CAD/CAM [29], мають поліноміальний або раціональний параметричний вигляд і не задовольняють високим естетичним вимогам [30]. Одним з їхніх недоліків є складність контролювання монотонності функції кривини кривій.

У геометричному дизайні криві з монотонними функціями кривини відомі як fair curves. До них можна віднести спіралі з монотонними функціями кривини (спіралі Ейлера, Нільсена, логарифмічна спіраль, інволюта кола), псевдоспіралі, а також так звані естетичні криві [30], які, по суті, є лінійною репараметризацією псевдоспіралей. Перераховані криві входять до сім'ї суперспіралей, кривина яких задається Гауссовою гіпергеометричною функцією, що задовольняє умовам строгої монотонності при деяких обмеженнях, які накладаються на її параметри.

Відомі криві Безьє класу А [31], функція кривини яких монотонна, однак їх більш детальний аналіз показав, що при підвищенні ступеня полінома крива сходиться до логарифмічної спіралі. Взагалі, контролювання монотонності кривини кривих Безьє й В-сплайнів порядку  $n > 2$  має потребу в більш глибокому аналізі й розробці відповідних алгоритмів.

Криві, що задовольняють монотонності функції кривини, широко застосовуються в дизайні поверхонь автомобілів, моделюванні фасок, побудові перехідних кривих у дизайні високошвидкісних магістралей і залізничних колій, дизайні шрифтів [32] і є невід'ємними факторами естетичного дизайну.

На рис. 1.10 представлено новий концептуальний дизайн автомобіля, створений за допомогою естетичних кривих і мультиспіралей [32].



Рисунок 1.10 – Новий концептуальний дизайн автомобіля, створений за допомогою естетичних кривих, мультиспіралей і кінематичних спіральних поверхонь

Далі розглянемо математичний апарат естетичних кривих. Найцікавішими з погляду естетичного дизайну й можливих впроваджень є естетичні криві, математична теорія яких розроблялася в роботах [30], [33]. Тошинобу Харада і його дослідницька група шляхом вивчення характеристик множини кривих привабливої форми, що властиві об'єктам реального й віртуального світу, установили, що їхні функції кривизни залежно від натурального параметра (довжини дуги) у логарифмічній шкалі мають бути або лінійними, або близькими до лінійних.

Натуральні рівняння цих кривих мають такий вигляд [29]:

$$\kappa(s) = (\lambda\alpha s + 1) \frac{1}{\alpha} \quad (1.3)$$

при  $\alpha \neq 0$ , і

$$\kappa(s) = e^{-\lambda s} \quad (1.4)$$

при  $\alpha = 0$ .

Тут  $\alpha$  – параметр форми,  $\lambda$  – масштабний фактор. В [30] для обчислення сегментів кривих використовувався чисельний метод Гаусса-Кронрода, пізніше в роботі [29] були отримані параметричні рівняння для (1.3), у яких використовуються неповні гамма-функції, що дозволяють із високою точністю обчислювати сегменти кривої. В [30] шляхом обчислювального експерименту були отримані припустимі межі для контрольних точок, обумовлених напрямком одиничних дотичних векторів у початковій і кінцевій точках сегмента естетичної кривої.

Встановлено, що спіралі Ейлера ( $\alpha=-1$ ), Нільсена ( $\alpha=0$ ), а також інволюта кола ( $\alpha=2$ ) мають обмежені припустимі межі зміни для контрольної точки, обумовленої напрямком одиничних дотичних векторів у початковій і кінцевій точках. Крім того, сегмент кривої, що задовольняє напрямкам дотичних, не завжди існує.

Проте, завдання двохточкової Ермітової інтерполяції, судячи виконаному в [30] обчислювальному експерименті, завжди має розв'язок для спіралей з параметром форми. Йошида й Сайто [30] досліджували поводження ліній відбиття на лінійчатих спіральних поверхнях і прийшли до висновку, що при обертанні кінематичних поверхонь на них відсутні осциляції ліній відбиття, що є однією з характеристик їхньої найвищої якості. Деякі приклади застосування естетичних сплайнів класу  $C1$  можна знайти в [33].

Далі розглянемо одиничні кватерніонні інтегральні криві. В [33] уперше було запропоновано клас одиничних кватерніонних кривих  $Qqs$  у групі обертань  $SO(3)$ , а також розроблено метод, за допомогою якого криву, обумовлену зваженою сумою базисних функцій, можна перетворити в її одиничний кватерніонний аналог в  $SO(3)$ . Прикладом, використовуючи запропонований в [33] метод для таких сплайнів, як сплайни Безьє, Ермітові й

В-сплайни, можуть бути отримані одиничні кватерніонні криві, багато диференціальних властивостей яких є інваріантними.

Одинична кватерніонна інтегральна крива (QI-Крива) визначається так:

$$C(s) = P_0 + \int_0^s q(s)v_0q^{-1}(s)ds, \quad (1.5)$$

де  $s$  – довжина дуги;

$q$  – довільний одиничний вектор.

У цьому випадку кватерніони, особливо одиничні, зручні для опису обертань, використовуються для контролювання напрямку дотичного вектора, що додає деяку ефективність і простоту в дизайні кривої естетичної форми. Кватерніонні координати вважаються ідеальними для інтерполяції орієнтації об'єктів.

Враховуючи те, що QI-Крива визначається вектором дотичної, який контролюється одиничною кватерніонною кривою, і довжина дуги є її натуральним параметром, можливо більш зручне маніпулювання з її функцією кривини, ніж у більш традиційних для CAD/CAM систем поліноміальних параметричних кривих.

Отже, плоскі криві з монотонною функцією кривини широко застосовуються в комп'ютерному геометричному дизайні й комп'ютерній графіці. Область їхнього застосування досить широка – починаючи з дизайну шрифтів до моделювання поверхонь літаків і балістичних ракет. Досить цікавою є розробка алгоритмів для генерації й контролювання кривини кривих Безьє класу А.

## 2.1 Поняття степені кривини лінії для опису натурального рівняння кривої

Для опису та зображення кривих поліграфічного захисту доцільно застосовувати їхні натуральні рівняння [16]. Інакше кажучи, такі рівняння, які описують кривину деякої кривої залежно від її натурального параметра  $s$ , який визначає довжину даної кривої починаючи з її деякої точки.

Подальшим узагальненням побудови кривих з керованими кривинами буде вивчення та реалізація на практиці більш складних залежностей входження класичної кривини в описи результуючих кривих.

Далі розглянемо випадок, коли у формули опису результуючої лінії входить кривина, обчислена з позитивним степенем (виду  $kw(s)$ ).

Відомо [15], що натуральне рівняння кривої на площині має вигляд

$$\frac{1}{R} = f(s), \quad (2.1)$$

де  $R$  – радіус кола, дотичного до гладкої кривої в певній її точці, а функція  $f(s)$  визначає закон зміни кривини лінії (тобто величини  $k = 1/R$ ) залежно від натурального параметра  $s$ .

За визначенням (класичною) кривиною дуги кривої у точці  $M$  називається величина

$$k = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta \alpha}{\Delta s} \right|, \quad (2.2)$$

де  $\alpha$  – кут між дотичними в точках  $M$  і  $M\Delta$

а  $\Delta s$  – довжина дуги  $MM\Delta$ .

З використанням похідної формулу (2.2) можна записати як

$$k = |\dot{\alpha}|, \quad (2.3)$$

де  $\alpha(s)$  – кут повороту дотичної у точці  $M$ , що залежить від шляху, пройденого по кривій,  $\dot{\alpha}$  – похідна функції  $\alpha(s)$  по параметру  $s$ .

Рівняння (2.3) допомагає описати криву, що задана натуральним рівнянням. Дійсно, з рівняння  $k = \dot{\alpha}(s) = f(s)$  обчислюється функція

$$\alpha(s) = \int_0^s f(s) ds + \alpha_0, \quad (2.4)$$

за допомогою якої обчислюється кут нахилу дотичної залежно від довжини дуги.

Тоді відповідно до відомих [15] залежностей

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha \quad \text{і} \quad \frac{dy}{ds} = \sin \alpha \quad (2.5)$$

параметризацію кривої можна задати у вигляді

$$x(s) = \int_0^s \cos \alpha(s) ds + x_0; \quad y(s) = \int_0^s \sin \alpha(s) ds + y_0, \quad (2.6)$$

або, з врахуванням (2.4), рівняння шуканої кривої має вигляд

$$\begin{aligned} x(s) &= \int_0^s \cos \left( \int_0^s f(s) ds + \alpha_0 \right) ds + x_0; \\ y(s) &= \int_0^s \sin \left( \int_0^s f(s) ds + \alpha_0 \right) ds + y_0. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Легко переконатися в тому, що обертання кривої спричиняє зміну у формулах (2.7) постійної  $\alpha_0$ , а паралельний перенос кривої пов'язаний зі зміною параметрів  $x_0$  і  $y_0$ . Рівність цих констант нулю визначає розташування кривої так, що початкова точка для відліку дуги буде розташована у початку координат, а додатній напрямок дотичної у ній збігається з додатнім напрямком осі  $Ox$ .

У курсі диференціальної геометрії доводиться [15], що кожне рівняння виду (2.1), де функція  $f(s)$  неперервна, можна прийняти як натуральне рівняння деякої кривої, яку можна описати у параметричному вигляді. Канва доказу цього твердження полягає в такому. Для рівняння (2.1) визначається спочатку вираз для  $\alpha$  за допомогою формули (2.4), а потім формули для  $x$  і  $y$  визначаються рівняннями (2.6) – тобто в результаті маємо параметричне подання кривої. Якщо вирази (2.6) продиференціювати по змінній  $s$ , то приходимо до рівняння (2.4), звідки

$$ds^2 = dx^2 + dy^2. \quad (2.8)$$

Тобто  $ds$  дійсно є диференціалом дуги цієї кривої, а  $s$  – дугою кривої.

Зі співвідношень (2.5) слідує, що  $\alpha$  є кутом дотику цієї кривої з віссю  $x$ . Після диференціювання (2.4) знаходимо, що кривина дорівнюватиме

$$\frac{d\alpha}{ds} = f(s). \quad (2.9)$$

Тобто доходимо висновку, що рівняння (2.1) дійсно виявляється натуральним рівнянням кривої.

Подальшим узагальненням побудови кривих з керованою кривиною буде введення поняття *степеня кривини лінії*.

*Визначення.* Нехай кривина уздовж кривої змінюється за законом  $k^w(s)$ , де  $w > 0$  і  $s$  – натуральний параметр. За допомогою функції  $k^w(u)$  задамо вираз  $\alpha_w(s)$  у вигляді

$$\alpha_w(s) = \int_0^s k^w(u) du, \quad (2.10)$$

Тоді параметр  $w$  буде степенем кривини лінії  $\{x(s), y(s)\}$ , одержаної в результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь

$$\frac{d}{ds} x(s) = \cos(\alpha_w(s)); \quad \frac{d}{ds} y(s) = \sin(\alpha_w(s)). \quad (2.11)$$

Кривина лінії другого степеня застосовується при побудові еластик Ейлера [14], а кривини ліній більш високих степенів використовуються, наприклад, при побудові треків елементарних часток у магнітних полях.

## 2.2 Побудова кривих, уздовж яких їхня кривина міняється за заданим законом

Ідею побудови кривих, описаних натуральним рівнянням, пояснимо на тестових прикладах. Нехай кривина лінії описана функцією  $k(s)$ , де  $s$  – натуральний параметр. За допомогою функції  $k(s)$  задамо вираз  $\alpha(s)$  у вигляді

$\alpha(s) = \int_0^s k(u) du$ , після чого в результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь

$$\frac{d}{ds} x(s) = \cos(\alpha(s)); \quad \frac{d}{ds} y(s) = \sin(\alpha(s)) \quad (2.12)$$

одержимо натуральне рівняння лінії  $\{x(s), y(s)\}$ .

На практиці зручніше систему диференціальних рівнянь розв'язувати у вигляді системи Френе:

$$\begin{aligned} \frac{d}{ds} \alpha(s) &= k(s); \\ \frac{d}{ds} x(s) &= \cos(\alpha(s)); \\ \frac{d}{ds} y(s) &= \sin(\alpha(s)). \end{aligned} \quad (2.13)$$

Або, з використанням синтаксису мови Maple, – у вигляді

```
sys := diff(alpha(s), s) = kap(s),  
diff(x(s), s) = cos(alpha(s)),  
diff(y(s), s) = sin(alpha(s));
```

Для розв'язання системи диференціальних рівнянь необхідно задати крайові умови одержання розв'язку:

```
krai := x(0)=0, y(0)=0, alpha(0)=0;
```

За допомогою операторів

```
ans := dsolve({sys, krai}, {x(s), y(s), alpha(s)}, type=numeric, output=listprocedure)
```

одержуємо розв'язок системи рівнянь Френе у вигляді процедур, з якими можна оперувати як зі звичайними функціями дійсного змінного.

Зокрема, за допомогою цих функцій можна побудувати зображення **pic** шуканої лінії:

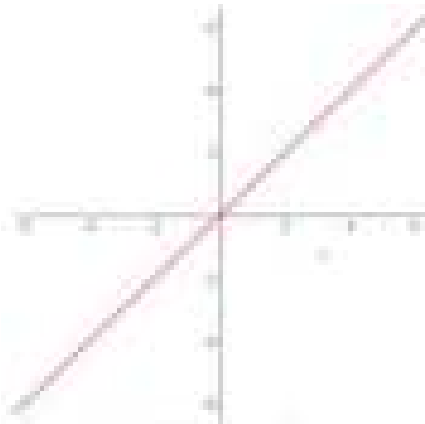
```
pic := odeplot(ans, [x(s), y(s)], s=-12*Pi..12*Pi,  
numpoints=15000, thickness=2, color=black):  
display(pic, scaling=constrained, axes=NONE);
```

*Приклад 2.1.* На рис. 2.1 наведено криву для **kap(s) = s**.

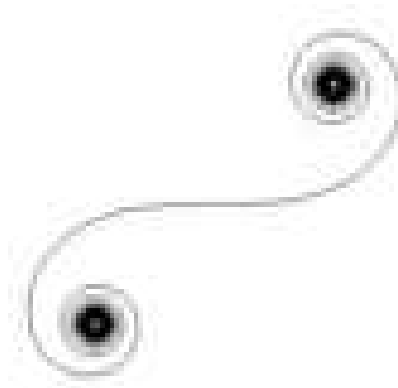
*Приклад 2.2.* На рис. 2.2 наведено криву для **kap(s) = s<sup>2</sup>**.

*Приклад 2.3.* На рис. 2.3 наведено криву для **kap(s) = s<sup>2</sup>-2, 5**.

*Приклад 2.4.* На рис. 2.4 наведено криву для **kap(s) = 5\*s<sup>4</sup>-18s<sup>2</sup>+5**.

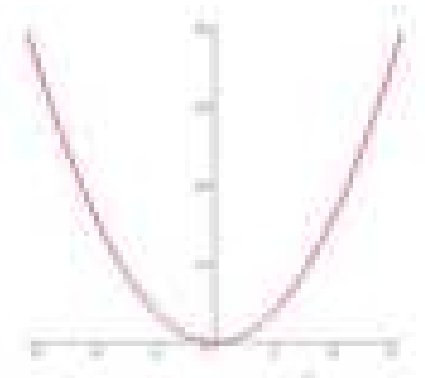


Графік функції  $y = x$

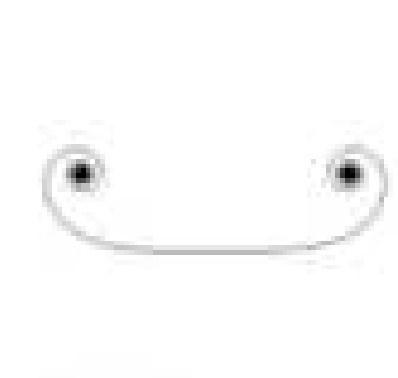


Лінія зі звичайною кривизною  $y = x$

Рисунок 2.1 – Рисунки до прикладу 2.1

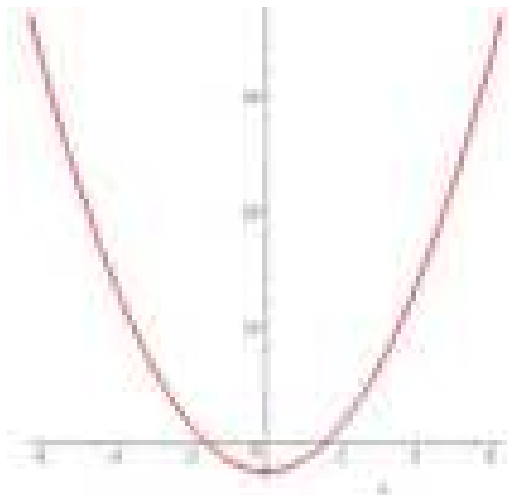


Графік функції  $y = x^2$

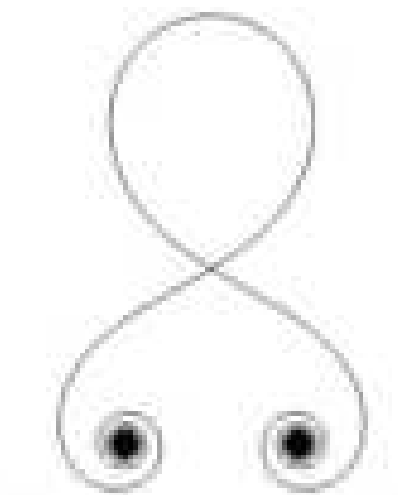


Лінія зі звичайною кривизною  $y = x^2$

Рисунок 2.2 – Рисунки до прикладу 2.2



Графік функції  $y = x^3 - 3x$



Лінія зі звичайною кривизною  $y = x^3 - 3x$

Рисунок 2.3 – Рисунки до прикладу 2.3



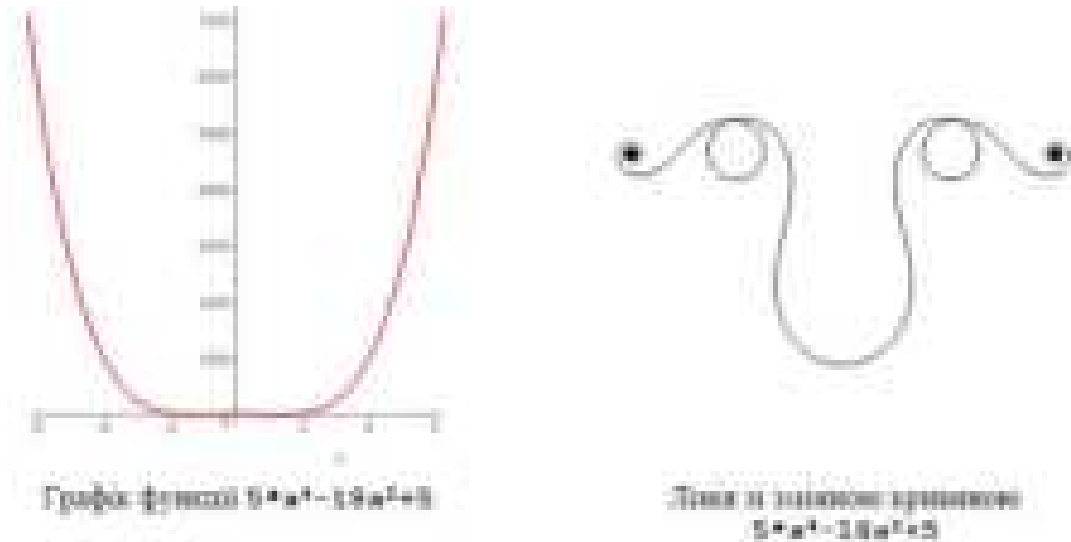


Рисунок 2.4 – Рисунки до прикладу 2.4

Більш цікаві випадки кривих одержимо тоді, коли вирази для опису кривини будуть аналітично складнішими.

Наведемо варіанти таких кривих, які для порівняння ми запозичили з роботи [22], але в цій роботі криві описуються і будуються за допомогою інтегральних співвідношень.

*Приклад 2.5.* На рис. 2.5 наведено криву для

$$\kappa_{ap}(s) = 1/5 + 2\sin(s) + 3\cos(s/3).$$

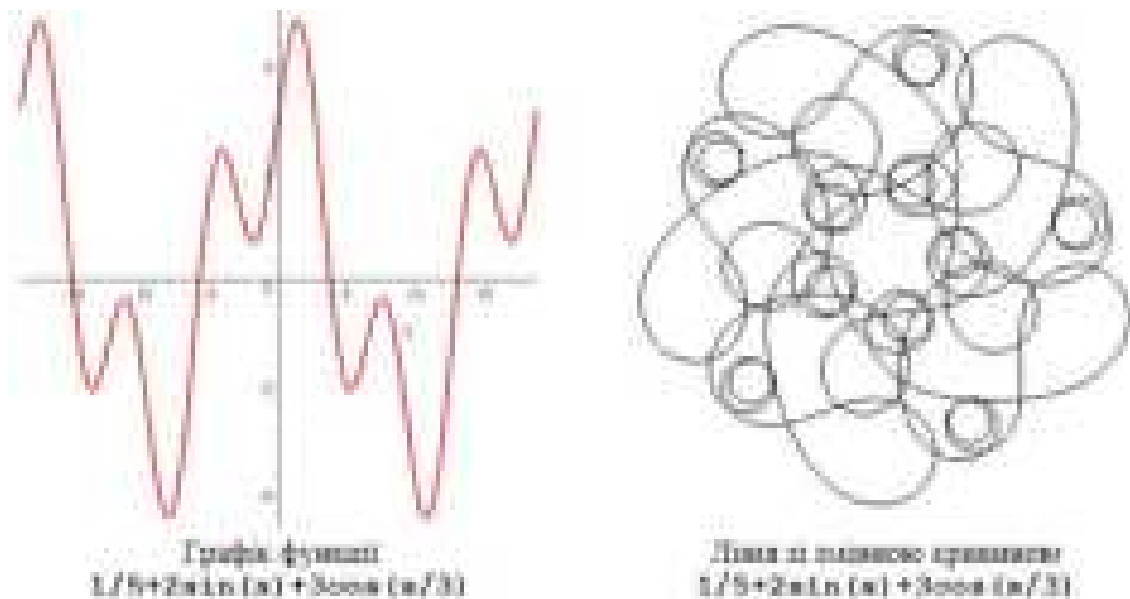


Рисунок 2.5 – Рисунки до прикладу 2.5

*Приклад 2.6.* На рис. 2.6 наведено криву для

$$\kappa_{ap}(s) = 1/5 + \sin(s/2) - \cos(s/3).$$

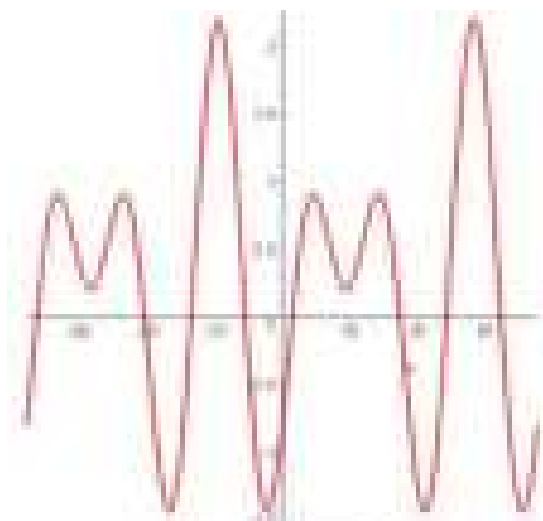
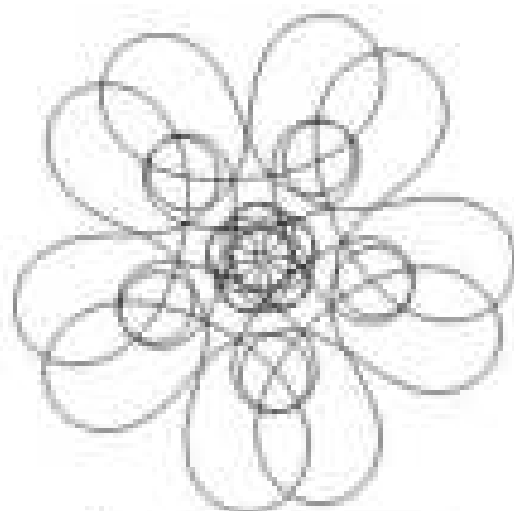


График функции  
 $1/5 + \sin(s/2) - \cos(s/3)$



Линія в площині кривої  
 $1/5 + \sin(s/2) - \cos(s/3)$

Рисунок 2.6 – Рисунки до прикладу 2.6

Приклад 2.7. На рис. 2.7 наведено криву для

$$\text{karp}(s) = 1/5 + \sin(s/3) + 2\cos(s/2) .$$

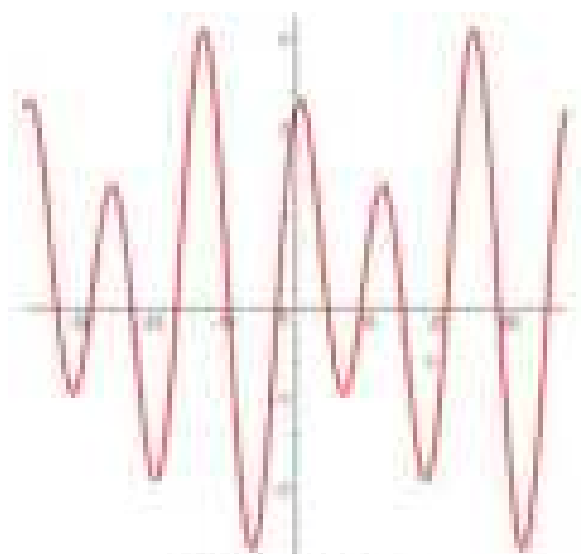
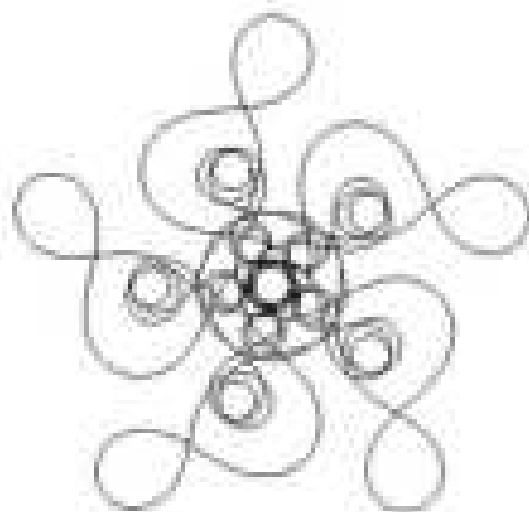


График функции  
 $1/5 + \sin(s/3) + 2\cos(s/2)$



Линія в площині кривої  
 $1/5 + \sin(s/3) + 2\cos(s/2)$

Рисунок 2.7 – Рисунки до прикладу 2.7

Приклад 2.8. На рис. 2.8 наведено криву для

$$\text{karp}(s) = 1/5 + \sin(s/2) + 2\cos(s/3) .$$

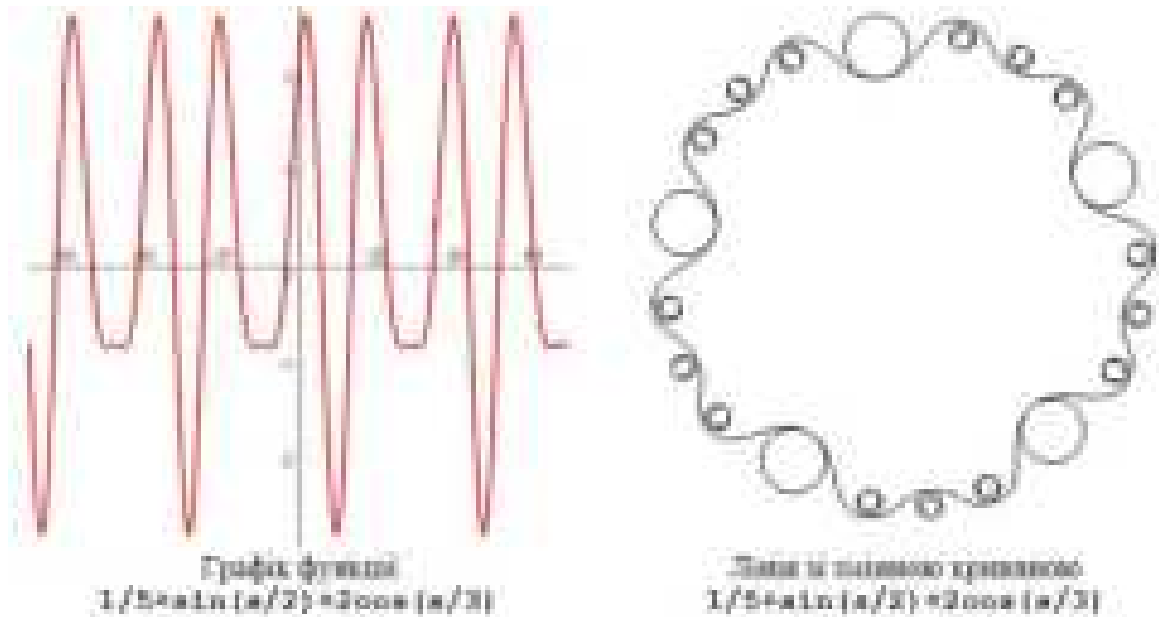


Рисунок 2.8 – Рисунки до прикладу 2.8

Для побудови кривих із запропонованою кривою визначеної степені  $w$  було складено Maple-програму, фрагмент якої у вигляді процедури-функції має вигляд:

```

profil := proc(kap, a, b)
  local sys, p, ics, p1:
    sys:= diff(alpha(s),s) = kap(s)^w,
          diff(x(s),s) = cos(alpha(s)),
          diff(y(s),s) = sin(alpha(s)):
    krai:= x(0)=0,y(0)=0, alpha(0)=0;
    ans:= dsolve({sys,krai},{x(s),y(s),alpha(s)},
                type=numeric);
    pic:=odeplot(ans,[x(s),y(s)],s=a..b,
                numpoints=12000,thickness=2,color=black):
    display(pic,scaling=constrained);
end:

```

Тут через **kap** позначено (класичну) кривину кривої, через **a** і **b** - границі зміни параметра довжини дуги, систему диференціальних рівнянь Френе позначено через **sys**, розв'язок цієї системи позначено через **ans**, а підготовлену для візуалізації інформацію позначено як **pic**.

Звертатися до процедури-функції треба так:

```

w := 2.:
kap := s -> 1 + 5*cos(s)^2;
profil(kap, 0, 6*Pi);

```

У результаті в системі декартових координат  $\{x, y\}$  буде побудована лінія, що відповідатиме заданим користувачем параметрам **kap** і **w**.

*Приклад 2.9.* Нехай  $(5\cos^2(s) + 1)^w$  є описом закону зміни кривини уздовж лінії. На рис. 2.9 зображені відповідні лінії різних степенів кривини.

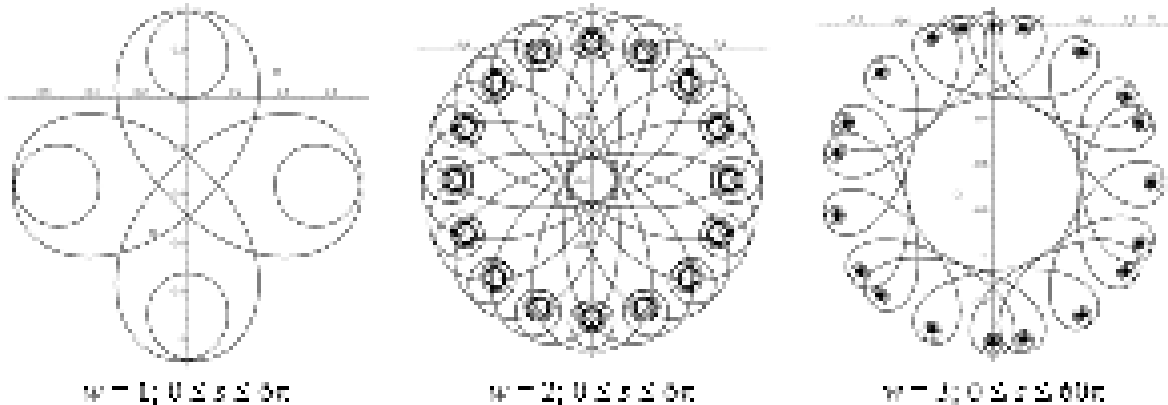


Рисунок 2.9 – Кривина уздовж лінії змінюється за законом  $(5\cos^2(s) + 1)^w$

*Приклад 2.10.* Нехай  $(5\cos^2(s)/4 + 1)^w$  є описом закону зміни кривини уздовж лінії. На рис. 2.10 зображені відповідні лінії різних степенів кривини.

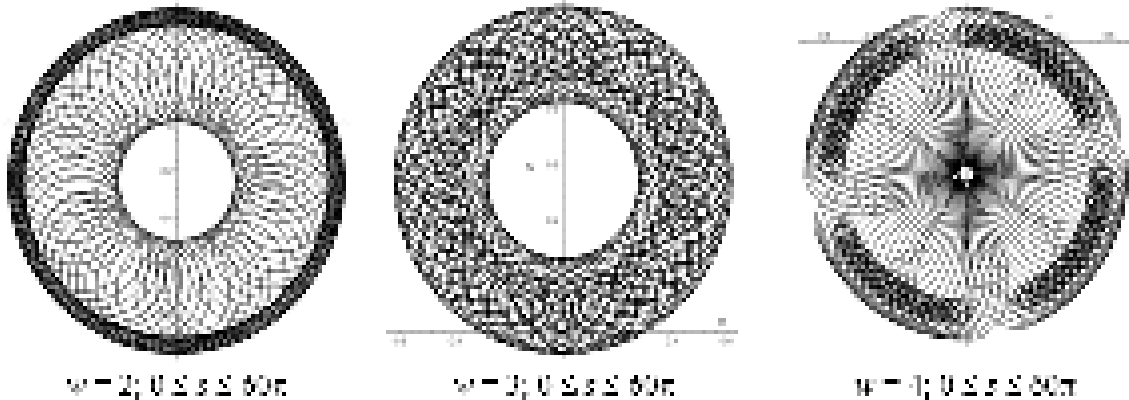


Рисунок 2.10 – Кривина уздовж лінії змінюється за законом  $(5\cos^2(s) + 1)^w$

*Приклад 2.11.* Нехай  $(\cos^2(s/2) + \sin^2(s/3))^w$  є описом закону зміни кривини уздовж лінії. На рис. 2.11 зображені відповідні лінії різних степенів кривини.

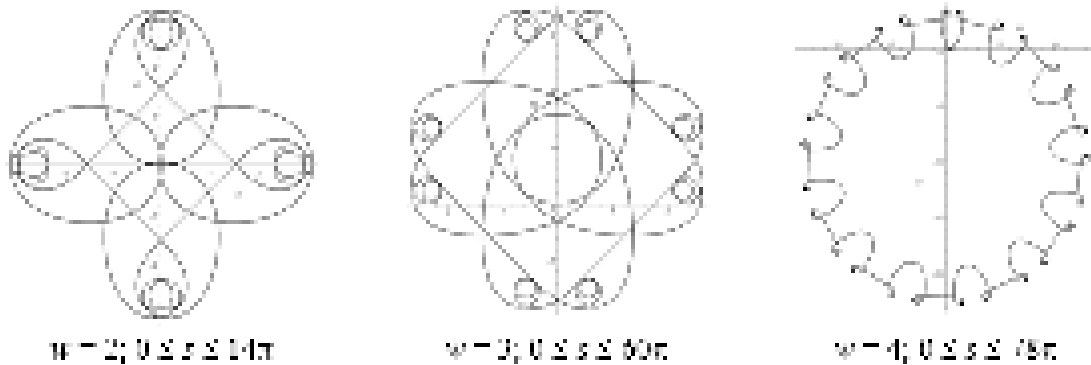


Рисунок 2.11 – Кривина уздовж лінії змінюється за законом  $(\cos^2(s/2) + \sin^2(s/3))^w$

*Приклад 2.12.* Нехай  $(3\cos^2(s/2) + 2\sin^2(s/3))^w$  є описом закону зміни кривини уздовж лінії. На рис. 2.12 зображені відповідні лінії різних степенів кривини.

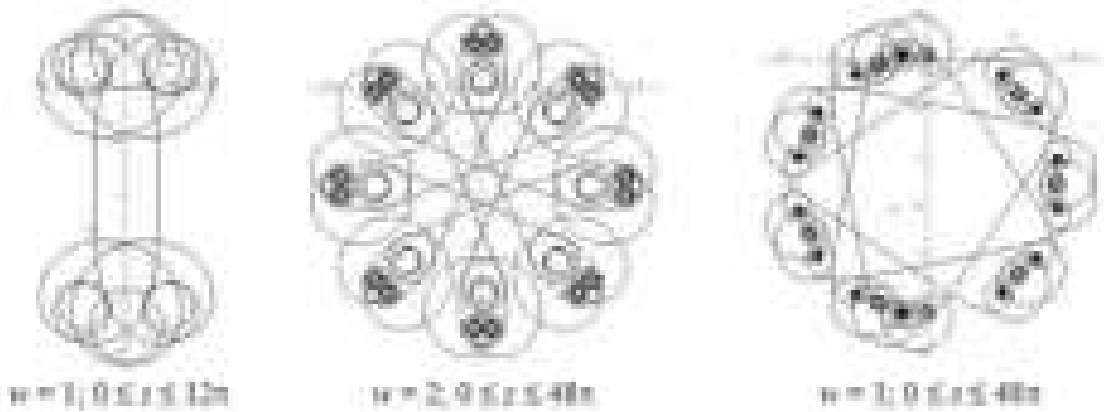


Рисунок 2.12 – Кривина уздовж лінії змінюється за законом  $(3\cos^2(s/2) + 2\sin^2(s/3))^w$

*Приклад 2.13.* Нехай  $(3\cos^2(s/2) + 2\sin^3(s/3))^w$  є описом закону зміни кривини уздовж лінії. На рис. 2.13 зображені відповідні лінії різних степенів кривини.

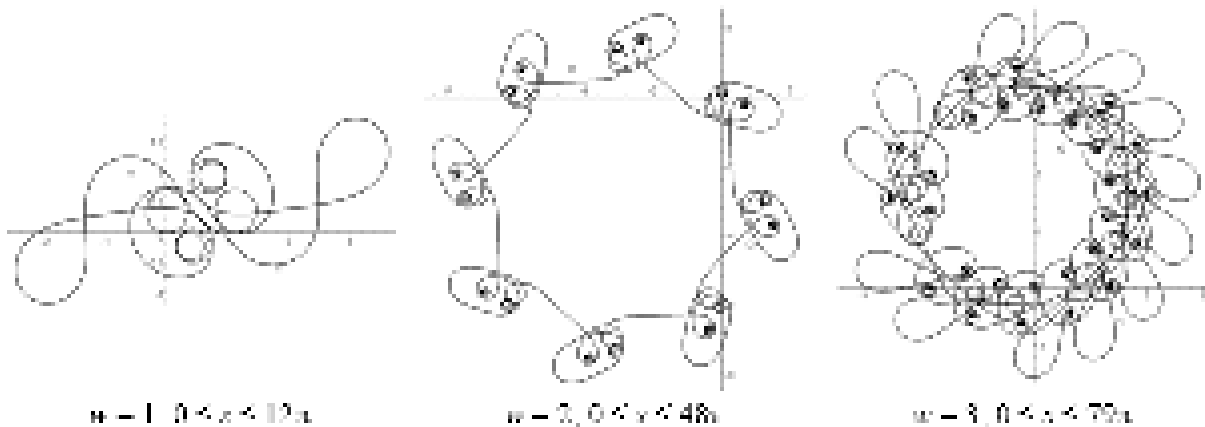


Рисунок 2.13 – Кривина уздовж лінії змінюється за законом  $(3\cos^2(s/2) + 2\sin^3(s/3))^w$

### 2.3 Деякі варіанти опису кривих з керованою кривиною

Побудуємо візерункові розетки за допомогою ліній, вздовж яких їх кривини змінюються за законом функції  $[1 + p \arccos(\cos(s))]^w$ , де  $w > 0$ .

Досвід роботи показує, що незначні зміни параметра  $p$  призводять до значних змін в зображенні візерункової розетки.

Тому пропонується будувати  $N$  кадрів анімаційних зображень на інтервалі  $[A...B]$  зміни параметра  $p$ . Для цього складено Maple-програму:

```

for i from 0 to N do
  p := evalf(A + (B - A)*i/N):
  z := convert(p, string):
  txt := cat(`p = `, z):
  kap := s -> 1 + p*arccos(cos(s));
  Gr[i] := display(profil(kap, 0, 66*Pi), title=txt);
end do:
display(seq(Gr[i], i=0..N), scaling=CONSTRAINED,
          insequence=true, view=[-1..1, -0.5..1.5]);

```

При цьому в кожному кадрі буде зображено значення параметра  $p$ , яке відповідатиме цьому зображенню.

На рис. 2.14 наведено приклади візерункових розеток на деяких значеннях  $p$  лише з інтервалу  $[0,969...1]$  при  $w=1$ .

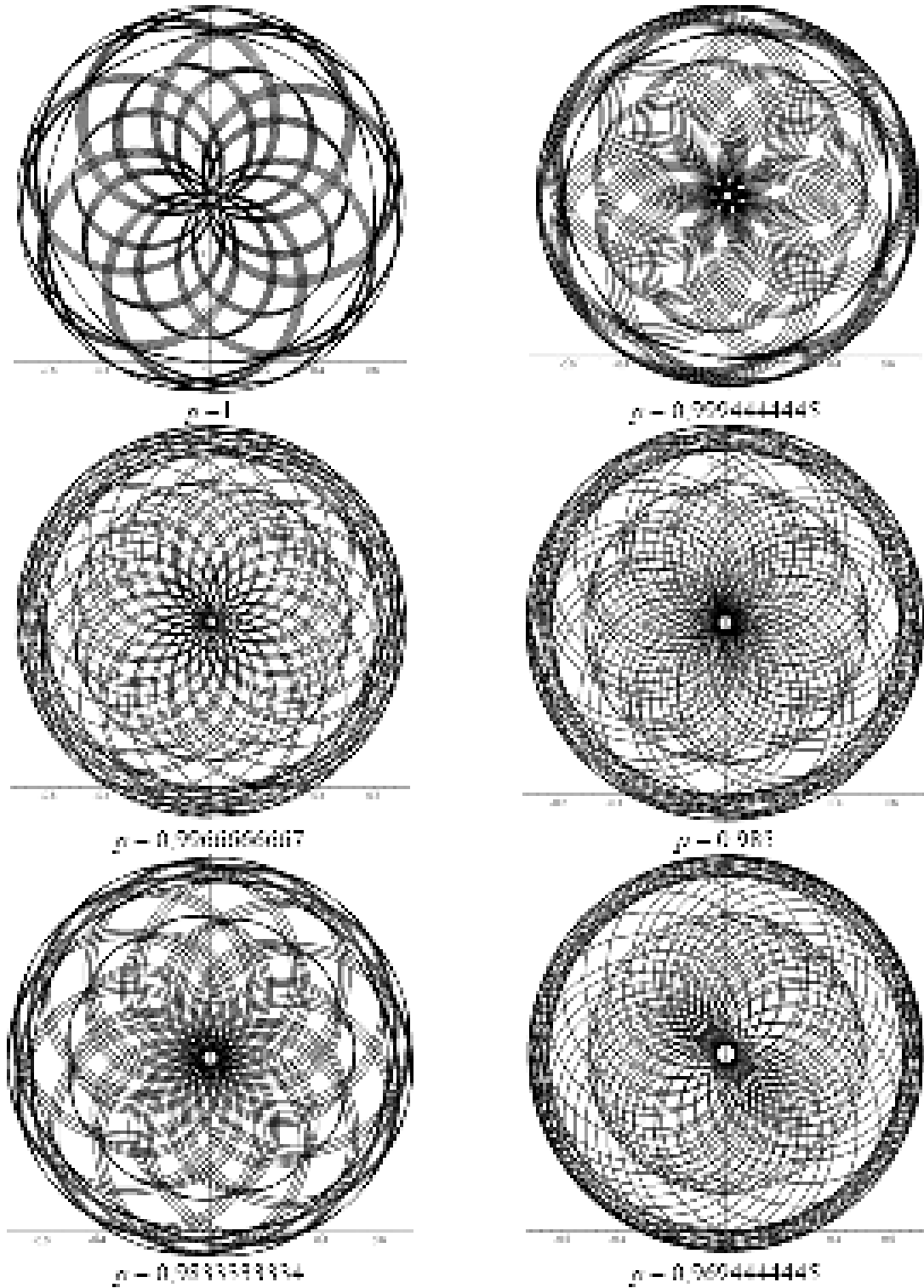


Рисунок 2.14 – Приклади візерункових розеток залежно від параметра  $p$  при  $w=1$

На рис. 2.15 – приклади візерункових розеток при  $w=2$ .

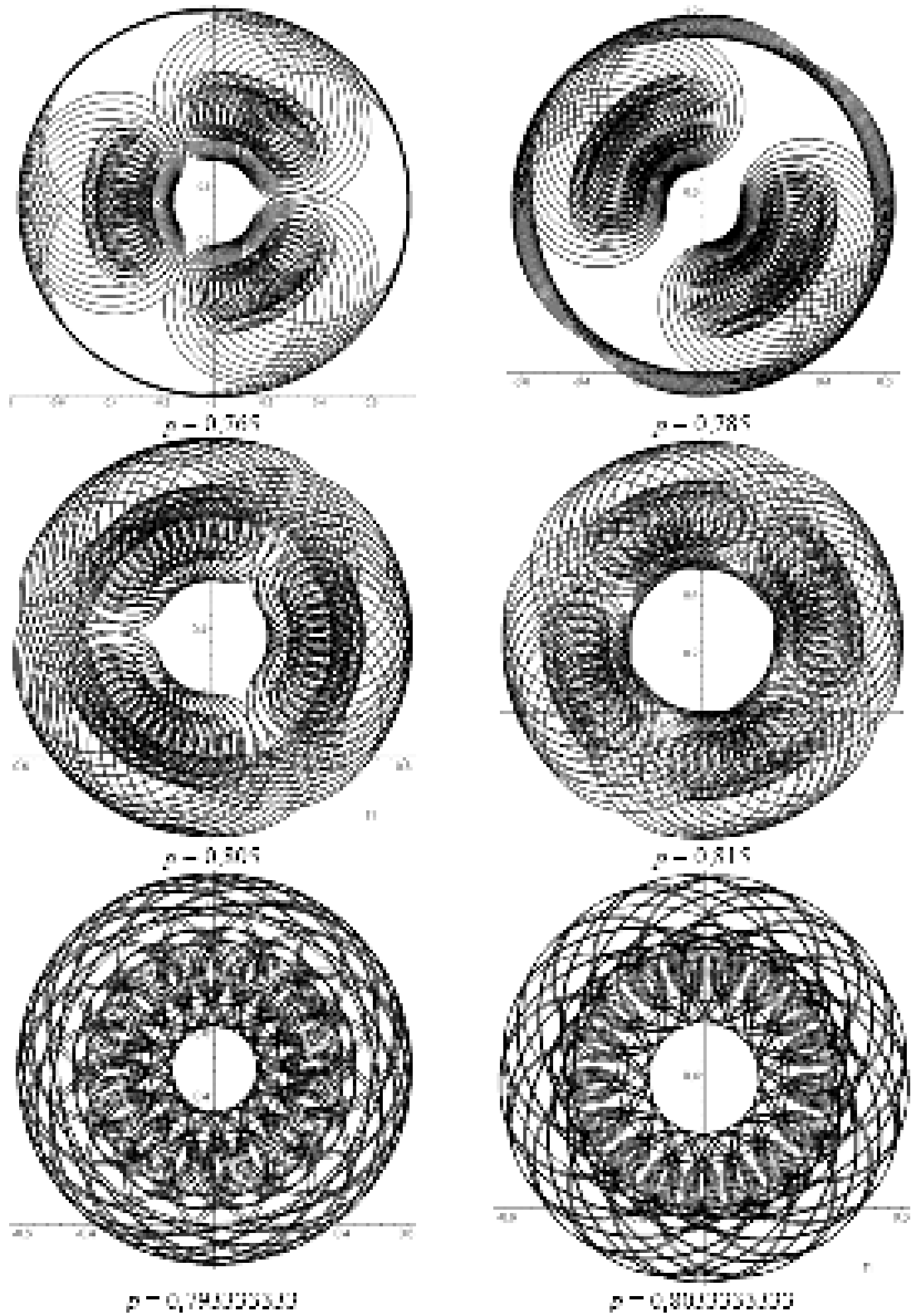


Рисунок 2.15 – Приклади візерункових розеток залежно від параметра  $p$  при  $w=2$

На рис. 2.16-2.19 наведено приклади візерункових розеток, побудованих за допомогою ліній, вздовж яких їх кривини змінюються за законом більш складної функції виду  $\left[1 + p \arccos(\cos^n(s))\right]^w$ .

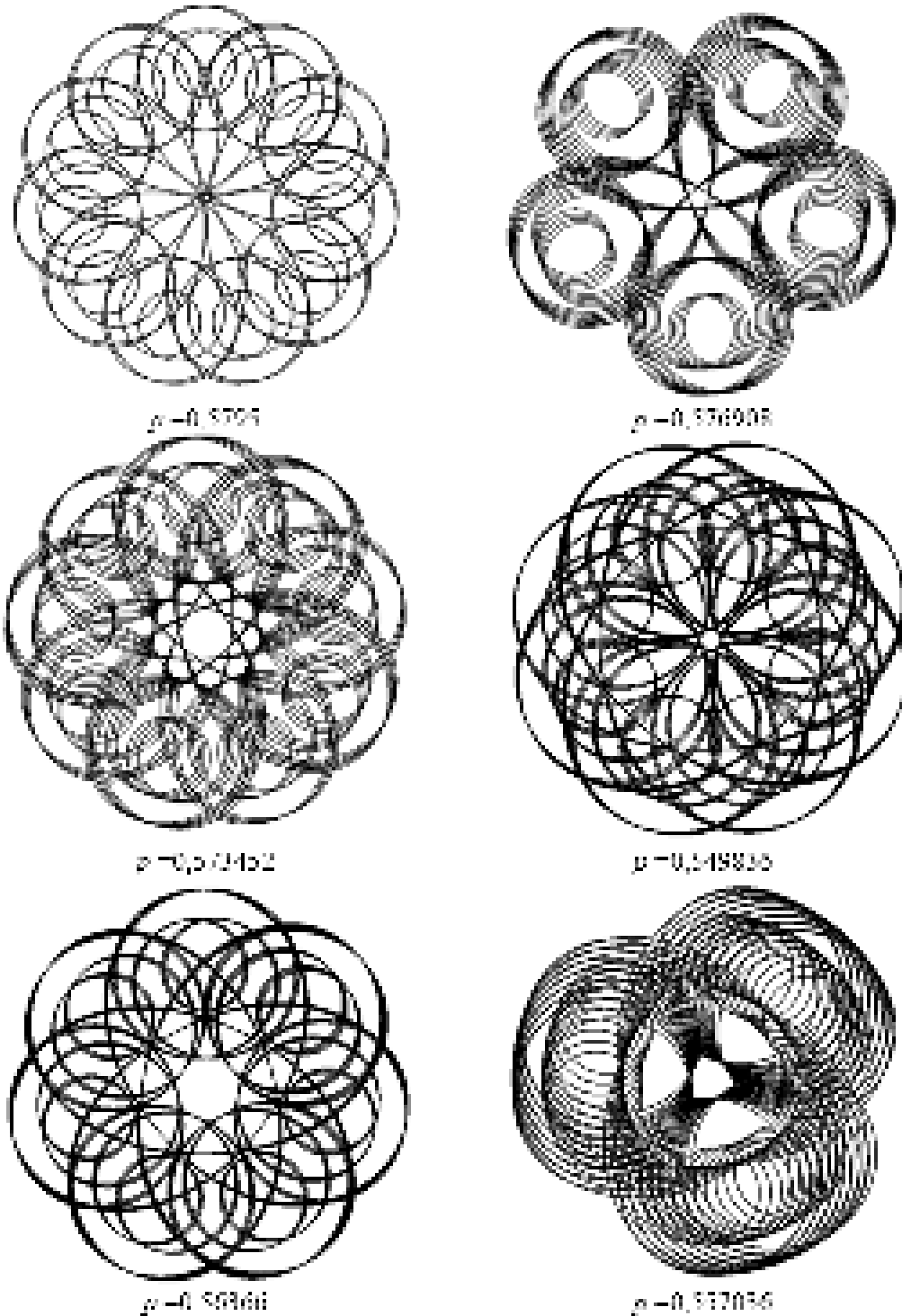


Рисунок 2.16 – Приклади візерункових розеток при  $w=2$  і  $n=3$  залежно від параметра  $p$



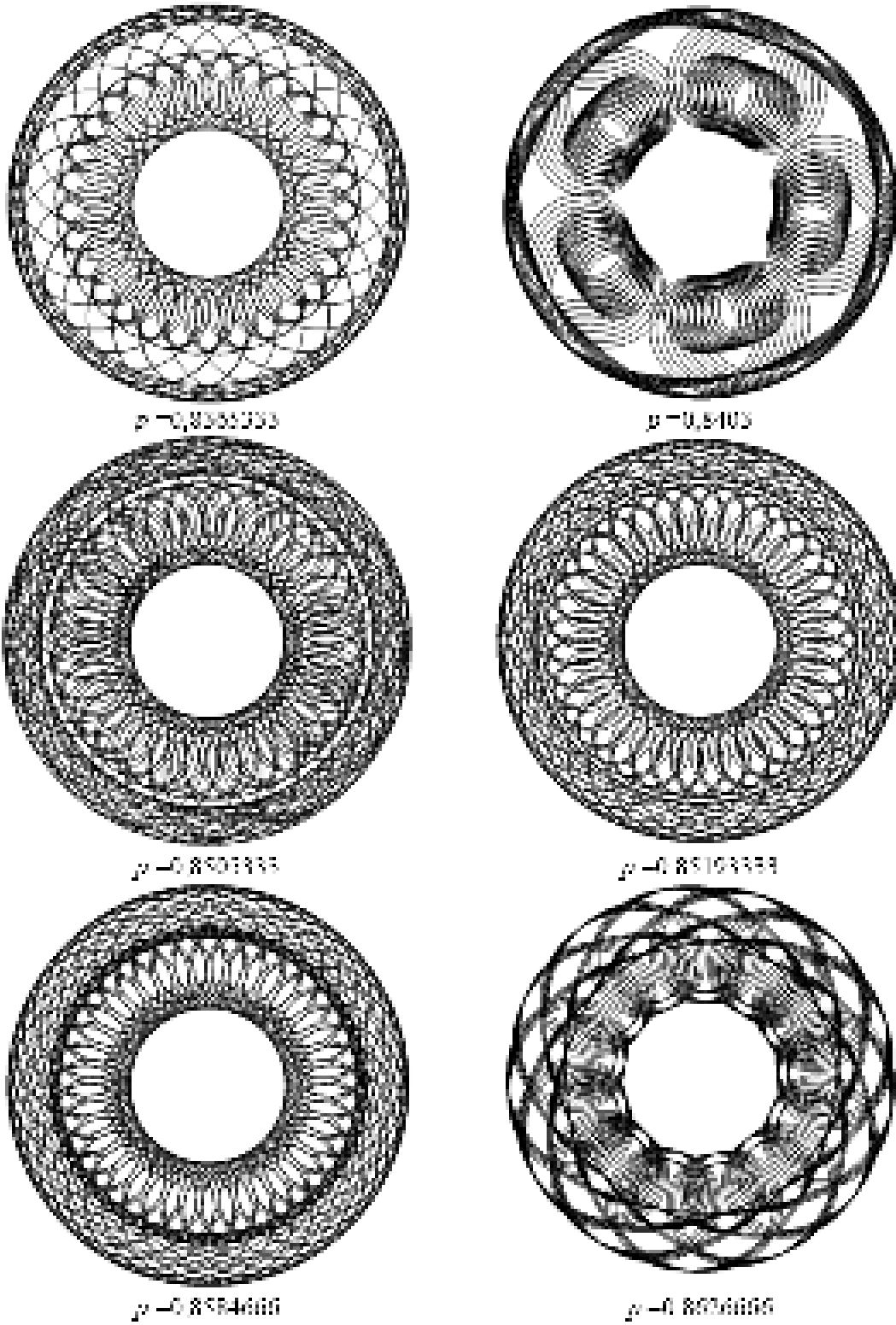


Рисунок 2.17 – Приклади візерункових розеток при  $w=3$  і  $n=2$  залежно від параметра  $p$

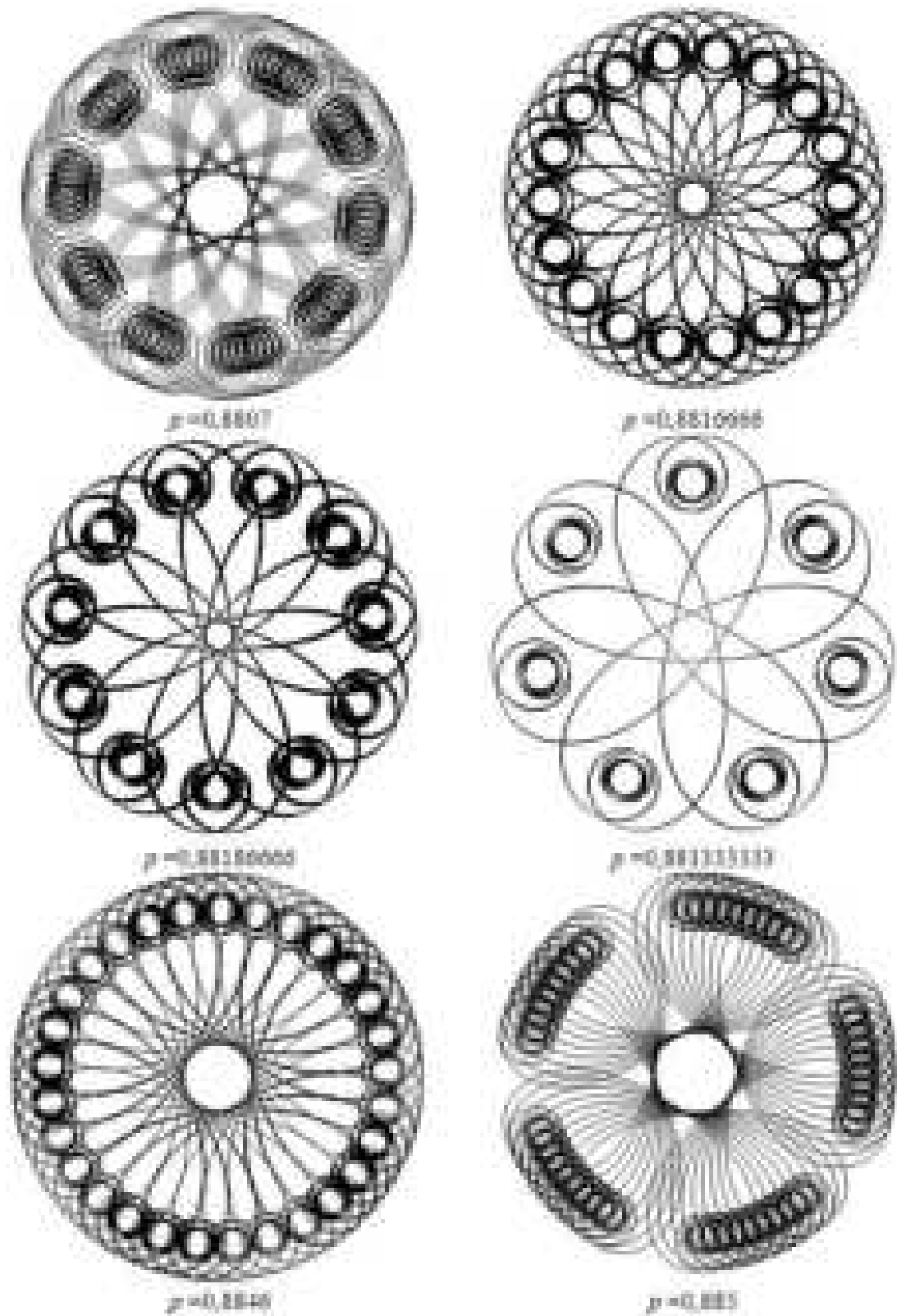


Рисунок 2.18 – Приклади візерункових розеток при  $w=4$  і  $n=4$  залежно від параметра  $p$

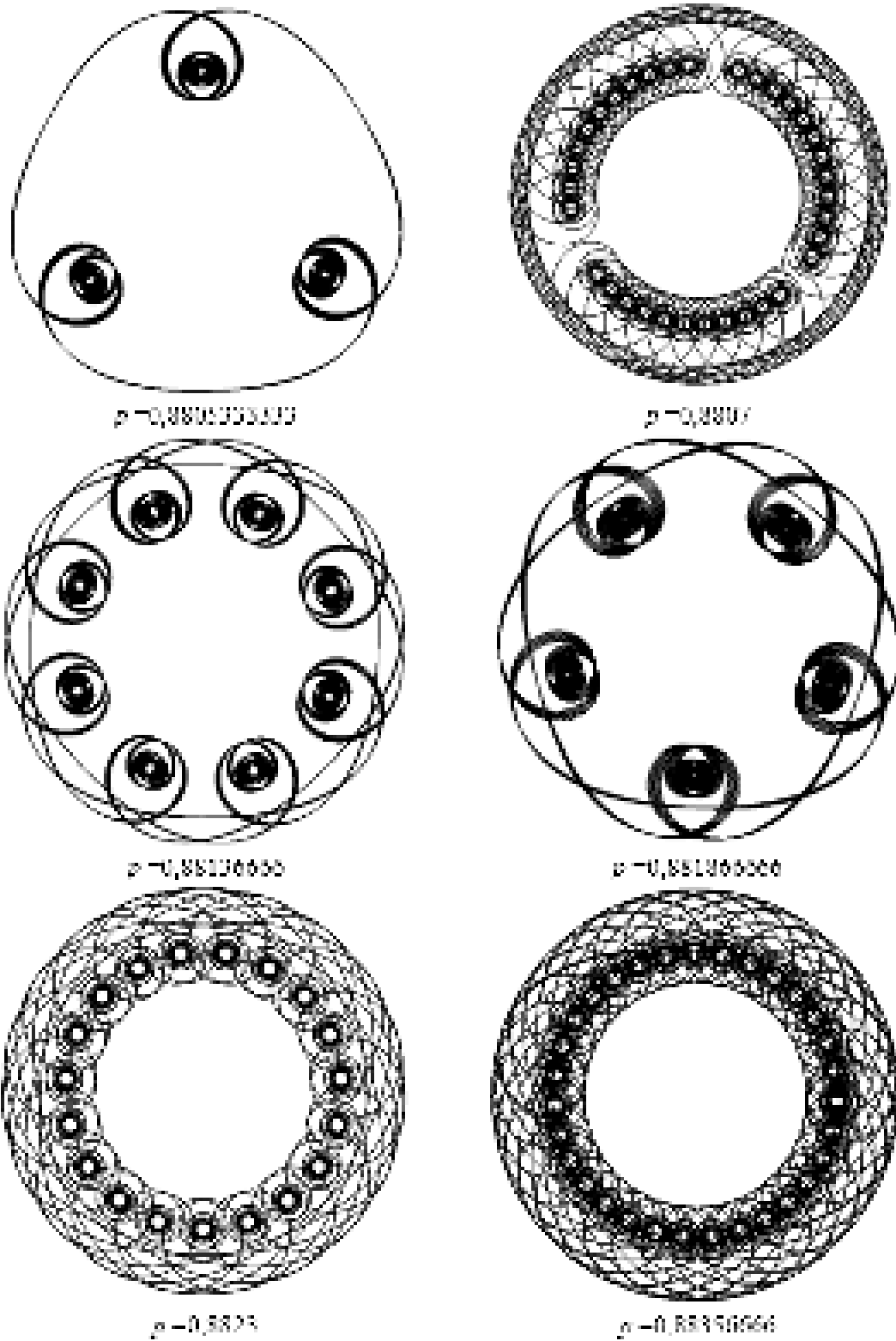


Рисунок 2.19 – Приклади візерункових розеток при  $w=5$  і  $n=2$  залежно від параметра  $p$

## Результати досліджень

Розроблено спосіб побудови кривих за їхніми натуральними рівняннями.

Побудова кривих за їх кривиною  $k(s)$  ( $s$  - натуральний параметр) полягає в розв'язанні системи диференціальних рівнянь Френе

$$\frac{d}{ds} \alpha(s) = k(s); \quad \frac{d}{ds} x(s) = \cos(\alpha(s)); \quad \frac{d}{ds} y(s) = \sin(\alpha(s)),$$

в результаті чого одержуємо натуральне рівняння лінії  $\{x(s), y(s)\}$ , де третя змінна  $\alpha$  визначає кут дотику у досліджуваній точці цієї кривої з віссю  $Ox$ .

Розроблений спосіб дозволяє будувати зображення кривих, кривина яких змінюється за складними законами, які практично неможливо розкрити,

наприклад,  $k(s) = \left[ 1 + p \arccos(\cos^n(s)) \right]^w$ .

## Висновки

1. Гільош – спосіб захисту бланків цінних документів від підробок, при цьому бажано використовувати вдосконалену технологію гільоша.

2. Геометричну основу опису та побудови графічного гільоширного захисту цінних паперів складають орнаменти.

3. Для зображення кривих пропонується застосовувати їхні натуральні рівняння – тобто такі рівняння, які описують кривину деякої лінії залежно від її натурального параметра  $s$ . Порівняно з параметричними натуральними рівняннями можна описати значно ширший клас кривих.

Список літератури.

1. Valiev, S., & E'tazarov, B. (1997). Zashhita czenny`kh bumag. M.: CheRo.
2. Вітчизніна, К.О. (2009). Обґрунтування дизайну як творчої проектно-художньої діяльності. Вісник ХДАДМ, (8), 23-27.
3. Яковлев М. І. Основи композиції (геометричні аспекти художнього формотворення) (2008): Навч. посіб. 2-е вид. / В. Є. Михайленко, М. І. Яковлев. – К.: Каравела, 106-134.
4. Практичний дизайн і додрукарська підготовка. (2009). Гільош, тангірна сітка, захист документів. <http://design-praktik.com/2009/11/gilosh-tangirnaya-setka-zashhita-dokumentov/>.
5. Григорян, М. (2003). Гільош – захисна сітка. КомпьюАрт, (12). <http://www.compuart.ua/article.aspx?id=9366&iid=397>.
6. Zbenovich, V.G. (1989). Rannij e`tap tripol`skoj kul`tury` na territorii Ukrainy`. K.: Nauk. dumka.
7. Ornamental Borders, Scrolls And Cartouches in Historic Decorative Styles (1997) / New York: Dover Publications, Inc.
8. Kozhin, P.M. (1991). Н О drevnix ornamental`ny`kh sistemakh Evrazii. E`tnoznakovy`e funkczii kul`tury`, 129-151.
9. Konshin, A.A. (1999). Zashhita poligraficheskoy produkczii ot fal`sifikaczii. Sinus.

10. Korochkin, L.S. (2003). Sistemy` zashhity` i identifikaczii czenny`kh bumag. NTUP «Kriptotekh».
11. Kotov, Yu.V. (1988). Kak risuet mashina. Nauka.
12. Securesoft (б. д.). Programmny`j produkt dlya sozdaniya gil`oshirny`kh risunkov «Cerber» v.3.0. <http://securesoft.ru/soft.html>.
13. Prokopenko, V.V. (б. д.). Krasota tripol`skoj keramiki. [http://www.ecodesign.kiev.ua/Ru/Publication/pub16\\_3\\_1.htm](http://www.ecodesign.kiev.ua/Ru/Publication/pub16_3_1.htm)
14. Ардентов А.А. (2009) Розв'язання задачі Ейлера про еластики. Автоматика і телемеханіка, 4, 78–88.
15. Rashevskij, L.V. (1939). Kurs differenczial`noj geometrii. GONTI.
16. Savelov, A.A. (1960). Ploskie krivy`e. Sistematika, svojstva, primeneniya. Fizmatgiz.
17. Челомбітько, В.Ф. (2012). Використання ліній з керованими кривинами для побудови візерункових розеток. Прикладна геометрія та інженерна практика, 4(52), 150-156.
18. Челомбітько, В.Ф. (2012). Концептуальні моменти створення орнаментів: від графіки до комп'ютерних технологій. Технічна естетика і дизайн, (11), 199-203.
19. Челомбітько, В.Ф. (2012). Новий спосіб кодування дизайну поліграфічного захисту цінних паперів. Прикладна геометрія та інженерна графіка, 4(55), 236-245.
20. Челомбітько, В.Ф. (2011). Побудова візерунків за допомогою кривих з керованими кривинами. Технічна естетика і дизайн, (9), 247-254.
21. Челомбітько, В.Ф. (2011). Побудова візерункових розеток за допомогою ліній з керованими кривинами. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, (6), 270-275.
22. Kaplan, C.S. (2002). Computer Graphics and Geometric Ornamental Design. A dissertation submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. University of Washington.
23. Dubina, N. (2002). Mathematics guilloche. CompuArt, (2), 24-27.
24. Dubina N. (2002). Printing methods of protection. CompuArt, (1), 24-27.
25. Liakhovych, O., & Riznyk, V. (2010). Guilloche as a special kind of printed documents protection. XII International PhD Workshop OWD, 57-60.
26. Liakhovych, O. & Riznyk, V. (2011). Investigation of information technologies for creating guilloches. XIII International PhD Workshop OWD, 97-100.
27. Syracuse Ornamental Co. (1997). Ornamental Borders, Scrolls And Cartouches in Historic Decorative Styles. New York: Dover Publications, Inc.
28. Rogers, D. (1989). Algorithmic foundations of computer graphics. M. World.
29. Farin, G. (2001). Curves and Surfaces for CAGD, Morgan Kaufmann, 5th edition.
30. Yoshida, N., & Saito, T. (2006). Interactive aesthetic curve segments. The Visual Computer, 22(9), 896-905.
31. Farin, G. (2006). Class A Bezier curves. Computer Aided Geometric Design, 23(7), 573-581.
32. Ziatdinov, R., Yoshida, N., & Kim, T. (2012). Fitting G2 multispiral transition curve joining two straight lines. Computer Aided Design, 44(6), 591-596.
33. Kim, M.-J., Kim, M.-S., & Shin, S.Y. (1995). A general construction scheme for unit quaternion curves with simple high order derivatives. SIGGRAPH '95 Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 369-376.

УДК 655.226.59, 655.3.062.2

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ АДАПТАЦІЇ ЦИФРОВИХ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ РЕПРОДУКУВАННЯ

**Занько Н.В.**

к.т.н., доцент., «кафедра Медіатехнологій та видавничо-графічних систем»,  
Українська академія друкарства

**Писанчин Н.С.**

к.т.н., доцент., «кафедра Медіатехнологій та видавничо-графічних систем»,  
Українська академія друкарства

**Голубник Т.С.**

к.т.н., доцент., «кафедра Медіатехнологій та видавничо-графічних систем»,  
Українська академія друкарства

**Маїк Л.Я.**

к.т.н., доцент., «кафедра Медіатехнологій та видавничо-графічних систем»,  
Українська академія друкарства

**Ковальський Б.М.**

д.т.н., професор, «кафедра Медіатехнологій та видавничо-графічних систем»  
Українська академія друкарства

***Анотація.** Розглянуто питання забезпечення оптимального переходу до системи СМУК, пов'язані з врахуванням факторів впливу на кольоровідтворення на друкарському відбитку на етапі додрукарської обробки цифрових зображень. Поєднання класичної технології кольороподілу та нового спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє максимально наблизити кольори на відбитку до оригіналу.*

***Ключові слова:** КОЛІРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ, СТАНДАРТНІ ПРОФІЛІ, КОЛІРНИЙ ПРОСТІР, КОЛІРНЕ ОХОПЛЕННЯ, КООРДИНАТИ КОЛЬОРУ.*

### **Вступ**

Систематизацією розробок в області створення загальноприйнятих промислових стандартів для забезпечення сумісності між різним обладнанням і програмним забезпеченням, яке бере участь у репродукційному процесі займається Міжнародний консорціум по кольору (International Color Consortium, ICC) [1]. Згідно ICC-специфікацій науково-дослідні інститути та організації, такі як ECI [2] та FOGRA [3] створюють стандартні профілі для кольороподілу. В технологічному процесі кольороподілу зображення необхідно максимально враховувати характеристики фарб, паперу та технологічні умови процесу друку. Цю задачу повинні вирішувати ICC-профілі. Профіль пристрою – це файл, що містить детальний опис кольоровідтворювальних властивостей даного пристрою відповідно до специфікації ICC.1:2010-12 [1] та ряд необхідних налаштувань. Побудова профілю виконується у спеціалізованому програмному забезпеченні з використанням таблиць експериментальних даних LUT (Look-Up Table).

Сьогодні на поліграфічному виробництві використовується традиційна технологія кольороподілу, що базується на використанні ICC-профілів друкарської системи, які дозволяють з трьох кольірних каналів RGB сформувати чотири канали СМҮК. Класична технологія не завжди забезпечує оптимальне перетворення кольорів цифрового оригіналу в кольори друкарського відбитку. Кольороподіл виконується виключно на основі табличних баз даних, що містять інформацію про кількості фарб, які потрібні для відтворення конкретних кольорів. Стандартні профілі не враховують характеристики реального друкарського процесу й усі фактори впливу на кольоровідтворення, наявні в процесі поліграфічного відтворення кольорового зображення.

Крім того, існують особливі за сюжетом оригінали, для яких не можливо досягти високої якості кольоровідтворення в процесі поліграфічного відтворення, використовуючи універсальні профілі.

Також проблемою є отримати на відбитку кольори, що будуть максимально наближені до високоякісного оригіналу на екрані монітору. Сучасні технології кольорового друку здатні забезпечити відтворення лише частини кольорів цифрового зображення, бо колірне охоплення моделі RGB є набагато ширше за колірне охоплення чотирьох друкарських фарб СМҮК.

### **Мета та задачі дослідження**

Пошук більш досконалих і гнучких методів додрукарської обробки для відтворення тонового діапазону та колірної гами цифрових оригіналів при друці з можливістю прогнозування результатів заміни кольорів, які знаходяться за межами колірного охоплення друкарського процесу

### **Основна частина**

Зміст роботи по керуванню кольоровідтворенням в поліграфії не полягає в тому, щоб з «поганого» кольорового цифрового оригіналу отримати якісний відбиток. Існують загальні вимоги до цифрових оригіналів. На практиці, кожен репроцентр, дизайн-бюро або друкарня можуть мати свої власні вимоги до якості цифрових оригіналів, які використовуються в їх виробництві, залежно від технології та устаткування. Якість цифрового кольорового ілюстративного оригіналу визначають різні фактори, такі як формат та розмір файлу, розмір зображення в пікселях, масштаб відтворення, геометричні спотворення, чіткість, різкість, відтворення дрібних деталей, наявність артефактів, а також колірні та градаційні характеристики.

Суть процесу керування полягає в тому, щоб одержати передбачуваний результат при перетворенні інформації про колір, в межах технічних можливостей пристроїв та характеристик матеріалів, які беруть участь у репродукційному процесі. Колірне охоплення оригіналу, як правило, перевищує можливості

процесу репродукування. Тому надзвичайно важливим буде вибір алгоритму стиснення кольорів, які не можуть бути відтворені цільовим пристроєм друку.

При керуванні процесом кольороподілу обов'язковим є процес аналізу кожного зображення за його характеристиками, вибір оптимальних методів обробки та подальшої підготовки до друку.

### **Аналіз основних параметрів, які містяться в стандартних профілях для кольороподілу**

Одним з параметрів, на який обов'язково встановлено обмеження у профілі друкарської системи, є відсоток максимально допустимої кількості фарб (Total ink limit, TIL). Чим гіршою є якість паперу і більша її всотуюча здатність, тим сильніше потрібно обмежувати кількість фарби, щоб уникнути перезволоження паперу. Крім того, високі значення TIL створюють небезпеку відмарювання в друці, вони також призводять до більшого забруднення останніх по порядку фарбових секцій, особливо жовтої. В новій версії ISO 12647-2:2013 [4] для умов офсетного аркушевого друку на крейдованому папері встановлено межу на максимальну кількість фарб 330 -350 % . Для умов друку на ротаційних машинах з гарячим сушінням – до 300 % на крейдованому і 270 % на інших типах паперу.

В описі до стандартних профілів від ECI обов'язково вказано, який відсоток цього параметру закладено у профіль. Як правило, він не перевищує 300 %. Наприклад, для профілю PSocoated\_v3.icc, що рекомендований для кольороподілу зображень, які будуть друкуватись офсетним способом на папері типу PC1 «Крейдований Преміум», цей параметр становить 300 %. Такий самий відсоток є й у профілі PSouncoated\_v3 FOGRA52.icc, що описує умови друку на папері PC5 «Некрейдований без вмісту деревної маси».

В описі до профілів від компанії ECI також вказано значення наступних параметрів.

Старт чорної фарби (Black Start). При ранньому старті чорна фарба буде з'являтися в кольороподілених зображеннях вже в найвищих світах, при пізньому старті – лише після певного значення світлоти чи сумарної кількості кольорових фарб. В стандартних профілях це значення становить 10 %. Але у випадку кольороподілу певних зображень, наприклад, портретних студійних фотографій варто обирати більш пізній старт чорної фарби, оскільки чорна фарба в світлому тілесному кольорі є небажаною. А для монохромних та ненасичених оригіналів кращі результати будуть при старті чорного з 0%.

Ліміт чорної фарби (Maximum black, BIL). Технологічних причин обмежувати чорну фарбу нижче 100% для крейдованого паперу в офсеті не існує. При обмеженні цього параметру знижується світлота суперчорного кольору. Проте в профілях від ECI зменшено ліміт чорної фарби до значення 96%.

Рівень генерування чорного (Black generation). При налаштуванні цього параметру є можливість обрати об'єм та тоновий діапазон, в яких буде виконуватись заміна кольорових чорною фарбою. Стандартні профілі від ECI традиційно містять середній (Medium) рівень генерування чорного. Механізм



заміни кольорових фарб чорною при кольороподілі зображень за стандартними профілями показано авторами в роботі [5].

Параметри стандартних профілів можна коригувати під конкретні потреби, залежно від сюжету оригіналу та умов відтворення у спеціалізованому програмному забезпеченні. Можливість редагування профілів є в програмі ProfileEditor [6] від швейцарської компанії Gretag Macbeth, в тому числі й профілів, згенерованих в інших, більш сучасних програмах. Або, наприклад, програма Color Toolbox від Heidelberg [7], яка регулярно оновлюється, і надає широкі можливості для редагування та колориметричного аналізу профілів пристроїв (рис. 1).



Рисунок 1 – Редагування градаційних кривих профілю PSOcoated\_v3.icc в програмі ProfileEditor

При виконанні процесу кольороподілу зображення з використанням правильно підбраного і налаштованого профілю, враховуються можливості відтворення кольору конкретного пристрою. Такі профілі вирішують задачі узгодження колірної інформації при перетворенні між різними пристроями. Проте існує також необхідність оптимального перенесення кольорового вмісту оригіналу у випадку, коли багато кольорів не можна відтворити в цільовому колірному просторі. Кожен пристрій здатний відтворювати лише фіксований колірний діапазон, виходячи з фізичних законів, покладених в основу його роботи. У більшості випадків, друкарський процес не може точно відтворити всі кольори оригіналу, оскільки колірне охоплення тріади поліграфічних фарб є меншим, ніж охоплення цифрової камери або монітора. Тому кольори оригіналу повинні бути замінені, з урахуванням можливостей кольоровідтворення тріадного друкарського процесу. Для наочного представлення невідповідності колірних

охопленнь різних пристроїв використаємо програму ProfileEditor з пакету Gretag Macbeth. Розглянемо випадок, коли кольори цифрового оригіналу представлено в колірному просторі профілю монітору Adobe RGB (1998), а друк буде відбуватись за умов, описаних у профілі PSUncoated\_v3\_FOGRA52.icc (рис. 2).

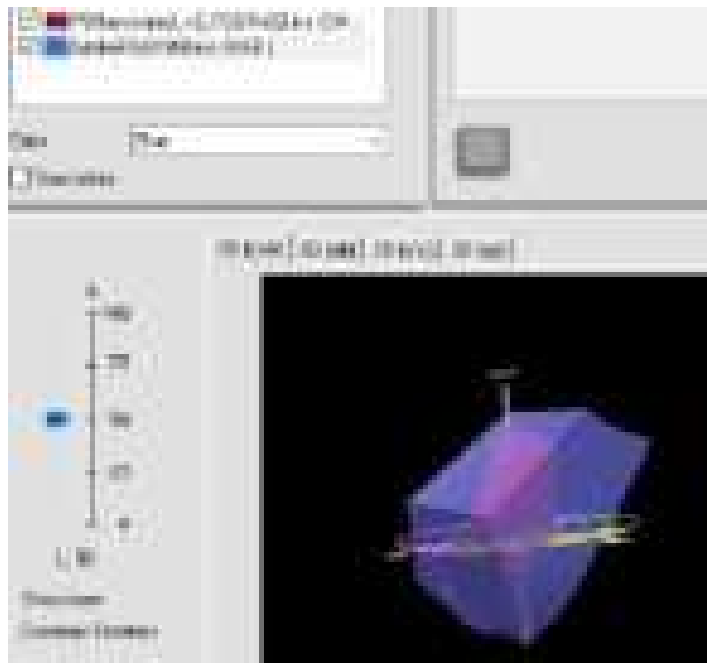


Рисунок 2 – Порівняння в просторі CIE LAB (L=50) колірних охоплень профілю PSUncoated\_v3\_FOGRA52.icc та Adobe RGB (1998) в програмі Gretag Macbeth ProfileEditor

З рисунку 2 видно, що багато кольорів з вихідного колірного простору RGB знаходяться за межами цільового колірного простору CMYK. У процесі кольороподілу їх буде замінено іншими кольорами, які можуть бути відтворені на даному пристрої і які викликатимуть у спостерігача подібні колірні відчуття. Оцінка якості відтворення кольору полягає у визначенні відношення і ступеня відмінності зорового сприйняття кольорового оригіналу і отриманої репродукції. Н. Д. Ньюберг [8] запропонував три критерії оцінки якості відтворення кольору: фізична, фізіологічна і психологічна точності відтворення. Фізична точність оригіналу і репродукції не може бути досягнута засобами поліграфії, оскільки не можливо відтворити аналогічний спектральний розподіл будь-якого елементу оригіналу і відповідного елемента репродукції. У випадку, показаному на рисунку 2, коли багато кольорів оригіналу не входять в колірне охоплення цільового профілю, фізіологічної точності оригіналу та відбитку також досягнути не можливо. Для оцінювання якості багатофарбових відбитків доцільно використовувати саме психологічну точність. Психологічно точною можна вважати репродукцію, яка сприймається в цілому, як і оригінал при візуальному оцінюванні якості кольоровідтворення зображення на відбитку, як при наявності оригіналу, так і без нього.

### Кількісна оцінка кольороподілу оригіналу з широким колірним охопленням

У випадку якщо кольорове зображення містить велику кількість кольорів, які не можуть бути відтворені друкарською системою дуже важливо на додрукарському етапі отримати детальну інформацію про спосіб заміни їх на ті кольори, які входять в колірне охоплення відбитку. Для пошуку кольорів, які знаходяться поза межами охоплення конкретного друкарського процесу використаємо програму “ICaS КолірДрук-1” [9]. В основі алгоритмів цієї комп’ютерної програми є нові методи обробки цифрового зображення на основі використання колірного простору ICaS [10] та принципу відтворення довільного кольору області колірного охоплення триадних фарб двома кольоровими та чорною фарбами.

На CaS-діаграмі позначено кольори (рис. 3), які отримано чистими триадними фарбами та їх попарними накладаннями і чорною, за умов друку FOGRA 51 [1]. Дані FOGRA програмою перераховано в координати  $R, G, B$  і за матричним рівнянням (1) у координати колірного простору ICaS.

$$\begin{bmatrix} I \\ C \\ S \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & H_1 & H_2 \\ 1 & H_2 & H_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де коефіцієнти матриці Хартлі визначаються функцією  $\text{cas}(x)$ :

$$\begin{aligned} H_1 &= \text{cas}(2\pi/3) = \cos(2\pi/3) - \sin(2\pi/3), \\ H_2 &= \text{cas}(4\pi/3) = -\cos(2\pi/3) - \sin(2\pi/3). \end{aligned} \quad (2)$$

Всі розраховані значення кольорів формують шестикутник, який є площею колірного охоплення для конкретних умов друку. Чисті кольори триадних фарб при зміні відносної площі растрових елементів від 0 до 100 % утворюють промені, що розділяють площину колірного охоплення на сектори. Усі кольори, синтезовані різними комбінаціями значень відносних площ растрових елементів триадних фарб, знаходяться у відповідних секторах на CaS-діаграмі (рис. 3).

Є можливість не тільки побудувати колірне охоплення будь-якого друкарського процесу, але й побачити місцезнаходження кожного кольору на CaS-діаграмі (рис. 4). Наприклад, колір на рисунку 4 синтезований комбінацією відносних площ друкарських фарб  $S_M=98\%$ ,  $S_Y=66\%$ ,  $S_K=11\%$ . При формуванні кольору пурпурна і жовта фарби взяті у більшій кількості. Тому на CaS-діаграмі він знаходиться у секторі, що обмежується пурпурною і жовтою фарбами, тобто у червоній зоні і його можна відтворити комбінацією пурпурної, жовтої і чорної фарб.

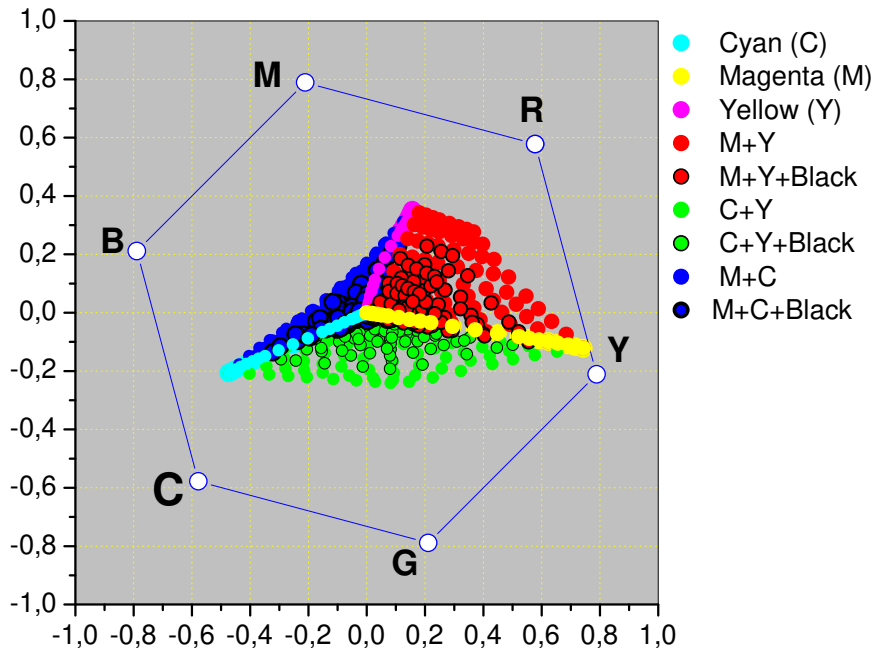


Рисунок 3 – Колірне охоплення на CaS-діаграмі за умов друку FOGRA 51

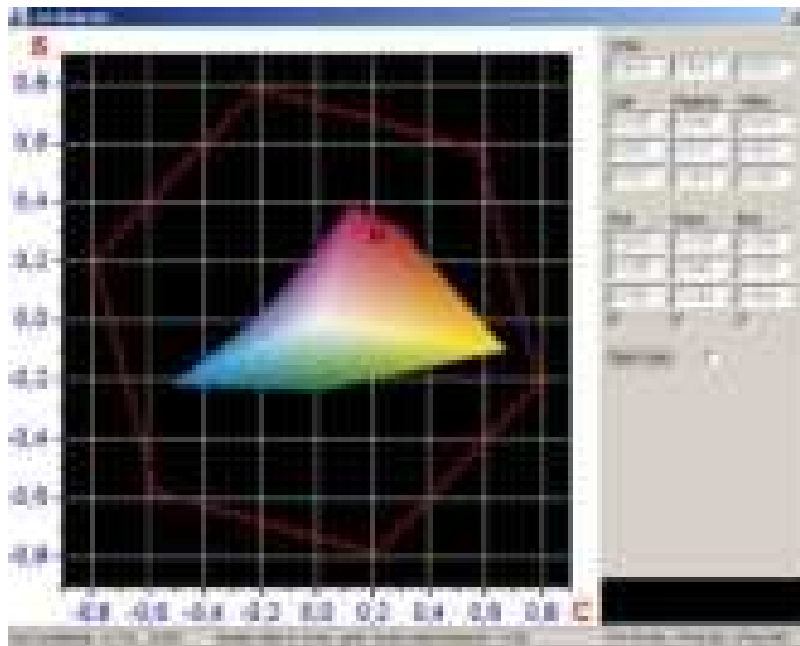


Рисунок 4 – Пошук взірця кольору на CaS-діаграмі за умов друку FOGRA 51 у вікні <CaS-діаграма> програми "ICaS КолірДрук-1"

Важливим є те, що у програмі можливо оцінювати відтворення кожного окремого кольору оригіналу в умовах конкретно заданого друкарського процесу. При виборі додаткового вікна <Перехід RGB-CMYK (Convert Colors)> відображається необхідна і повна інформація для кількісної оцінки кольороподілу зображення тестового оригіналу в просторі Adobe RGB (1998) для вибраної бази даних кольірних характеристик тріадних фарб та є можливість імітації синтезу кольорів на друкарському відбитку на етапі додрукарської підготовки.

Оператор вводить у верхній рядок вікна (рис. 5) числові значення координат кольору тестового оригіналу:  $R=222$ ;  $G=60$ ;  $B=97$ . Паралельно із введенням числових значень кольору у верхній частині (показано стрілкою) вікна візуалізується цей колір. При натисненні клавіші <(Find CMYK)> у нижньому рядку віконечок з'являються числові значення відносних площ тріадних фарб:

$$S_C = 0\%, S_M = 83\%, S_Y = 46\%, S_K = 3\% ,$$

якими буде відтворюватися заданий колір оригіналу на друкарському відбитку. Одночасно, у нижній частині (показано стрілкою) вікна візуалізується на екрані монітора колір друкарського відбитку.

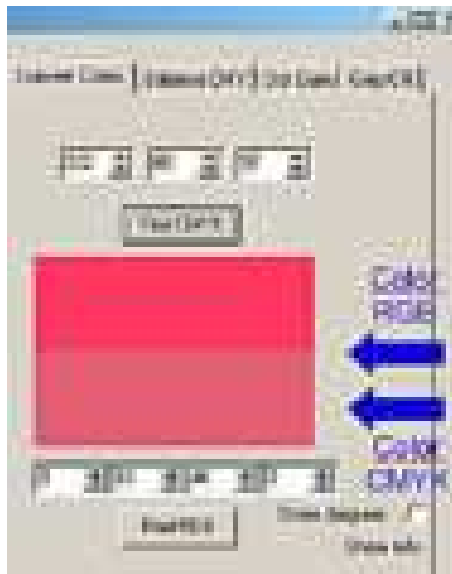


Рисунок 5 – Результат конвертації кольорів у вікні <Перехід RGB-CMYK (Convert Colors)>

Коли кольори верхньої і нижньої частини середнього вікна виглядають однаково, то цей колір тестового оригіналу входить в межі колірної охоплення обраного процесу друку і буде відтворений на папері без змін. Навпаки, коли ці кольори різняться між собою, то це означає, що даний колір тестового оригіналу фізично неможливо відтворити на папері вибраними тріадними фарбами і є можливість візуального оцінювання його заміни.

Наприклад, колір оригіналу, який характеризується координатами кольору  $(R_0, G_0, B_0)$ , фізично неможливо відтворити на друкарському відбитку. Тобто, для цього кольору не існує реальних розв'язків автотипних рівнянь синтезу відносних площ  $(S_C^0, S_M^0, S_Y^0, S_K^0)$  тріадних фарб в програмі "ІCaS КолірДрук-1". Для групи таких кольорів в процесі кольороподілу виконується наступна послідовність цифрової обробки:

– обчислюються лінійні координати кольору в просторі Adobe RGB (1998):

$$R = \left( \frac{R_{Adobe}}{255} \right)^{2,2}, \quad G = \left( \frac{G_{Adobe}}{255} \right)^{2,2}, \quad B = \left( \frac{B_{Adobe}}{255} \right)^{2,2}; \quad (3)$$

– здійснюється перехід від простору Adobe RGB (1998) до міжнародної системи CIE XYZ:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [M_{AdobeRGB}] \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,57667 & 0,18556 & 0,18823 \\ 0,29734 & 0,62736 & 0,07529 \\ 0,02703 & 0,07069 & 0,99134 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}; \quad (4)$$

– обчислюються координати кольору в міжнародній системі CIE LAB:

$$L^* = 116 \times Y^{1/3} - 16; \quad (5)$$

$$a^* = 500 \left( X^{1/3} - Y^{1/3} \right); \quad (6)$$

$$b^* = 200 \left( Y^{1/3} - Z^{1/3} \right). \quad (7)$$

Отримане значення ахроматичної координати  $L^*$  служить першою інваріантною ( $L^* = const$ ) числовою характеристикою для заміни досліджуваного кольору. Тоді здійснюється перехід від простору Adobe RGB (1998) до  $ICaS$ :

$$\begin{bmatrix} I \\ C \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,57735 & 0,57735 & 0,57735 \\ 0,57735 & 0,21132 & -0,78867 \\ 0,57735 & -0,78867 & 0,21132 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Отримані числові значення координат  $(C, S)$  досліджуваного кольору наносяться на  $CaS$ -діаграму (рис. 6, а) і обчислюється величина:

$$k = \frac{S}{C}, \quad (9)$$

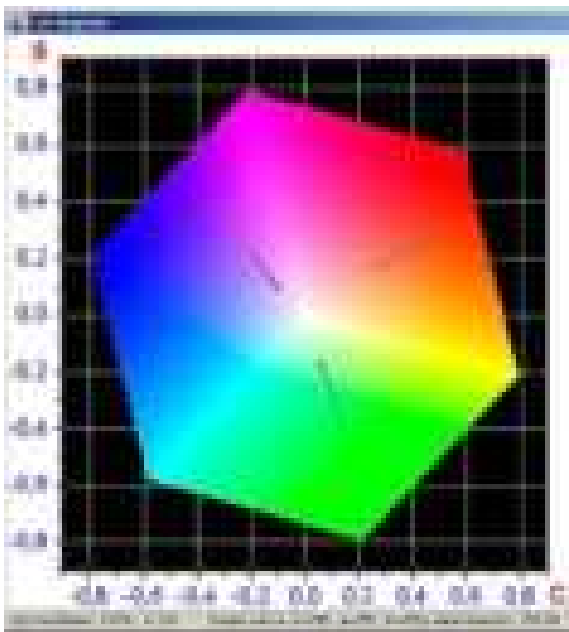
$k$  характеризує тангенс кута нахилу радіальної прямої досліджуваного кольору і служить другою інваріантною ( $k = const$ ) числовою характеристикою для заміни кольору на відбитку. Для хроматичних координат всіх можливих кольорів заміни, розташованих на радіальній прямій, буде виконуватися умова:

$$\begin{aligned} C_n &= 0,9^n \times C_{\max}, \\ S_n &= 0,9^n \times S_{\max}. \end{aligned} \quad (10)$$

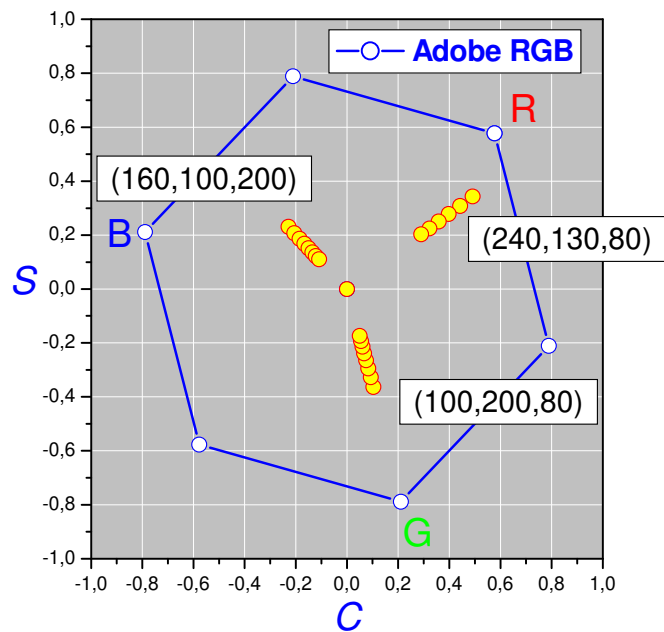
Вибирається величина кроку  $\Delta k$  дискретної вибірки кольорів заміни по радіальній прямій. Перший колір заміни характеризується хроматичними координатами  $(C_1, S_1)$ . Для цього нового кольору розраховуються координати  $(a^*_1, b^*_1)$ . При збереженні умови  $L^*_1 = L^*$  розраховуються нормовані координати кольору в просторі Adobe RGB (1998) при величині коефіцієнта, що вказує на величину нелінійності відтворення кольорів тріадних фарб для конкретного обраного процесу  $\gamma_{CMY}$ .

$$\begin{aligned}
 R_{CMY}^{(1)} &= R^{1/\gamma_{CMY}}, \\
 G_{CMY}^{(1)} &= G^{1/\gamma_{CMY}}, \\
 B_{CMY}^{(1)} &= B^{1/\gamma_{CMY}}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Для отриманих координат  $(R_{CMY}^{(1)}, G_{CMY}^{(1)}, B_{CMY}^{(1)})$  відбувається пошук розв'язку системи автотипних рівнянь. Якщо не має реального розв'язку, то відбувається перехід до розрахунку координат наступного кольору. Коли для координат  $n$ -ого кольору є реальний розв'язок рівнянь, такий колір вибирається для заміни кольору оригіналу на відбитку.



а)



б)

Рисунок 6 – Заміна невідтворюваних кольорів

### Дослідження методів перерахунку кольорів при стисненні колірної інформації

Якщо перехід від значень RGB до простору поліграфічного синтезу CMYK буде виконуватись в програмі Adobe Photoshop за допомогою команди Редагування/Конвертувати до профілю (Edit/Convert to Profile), то користувач окрім профілю друкарської системи має обрати один з алгоритмів перерахунку кольорів (Rendering Intent): абсолютний колориметричний (Absolute Colorimetric) й відносний колориметричний (Relative Colorimetric) методи, перцепційний (Perceptual) або метод збереження насиченості (Saturation). Ці базові алгоритми специфікація ICC [1] рекомендує при перерахунку інформації про колір зображення з одного колірного простору в інший, у разі відмінностей колірних охоплень.

В профілі пристроїв друкарської системи містяться таблиці перетворень  $B \rightarrow A$  (з простору PCS в колірний простір пристрою) та  $A \rightarrow B$  (з колірного

простору в простір PCS), які керують відтворенням кольору при розбіжності у величині колірних охоплень пристроїв.



Рисунок 7 – Таблиці перетворень А→В й В→А профілю PSOcoated\_v3.icc в безплатній утиліті ICC Profile Inspector

Для дослідження особливостей роботи кожного із чотирьох алгоритмів Rendering Intent при кольороподілі було обрано в якості тестового оригіналу шкалу Color Checker [11]. В таблиці 1 представлено координати кольору її полів в апаратно-незалежному просторі CIE LAB та в RGB-робочому просторі монітору Adobe RGB (1998).

Таблиця 1 – Числові дані шкали ColorChecker

№	Назва колірною взірця		Adobe RGB (1998)			CIE L*a*b		
			R	G	B	L*	a*	b*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Dark skin		104	80	68	37	13	14
2	Light skin		182	145	128	65	18	17
3	Blue sky		100	119	149	49	-4	-21
4	Foliage		95	107	70	43	-13	21
5	Blue flower		126	127	171	55	8	-25
6	Bluish green		128	187	159	70	-33	0
7	Orange		199	121	55	62	36	57
8	Purplish blue		77	92	165	40	10	-45
9	Moderate red		173	82	96	51	48	16
10	Purple		84	60	102	30	22	-21
11	Yellow green		166	186	75	72	-23	57
12	Orange yellow		209	158	55	71	19	67
13	Blue		47	64	141	28	14	-50
14	Green		99	147	80	55	-38	31
15	Red		154	52	59	42	53	28
16	Yellow		226	196	53	81	4	79
17	Magenta		166	83	144	51	49	-14



Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	Cyan		63	134	165	51	-28	-28
19	White (0.5*)		244	244	244	96	0	1
20	Neutral 8 (23*)		200	200	200	81	0	0
21	Neutral 6.5 (44*)		158	158	158	66	0	0
22	Neutral 5 (70*)		119	119	119	50	0	0
23	Neutral 3.5 (1.05*)		82	83	84	35	0	-1
24	Black (0.5*)		52	52	52	20	0	0

Кольори оригіналу підлягали перетворенню в СМҮК, з врахуванням характеристик тріадного друкарського процесу за стандартним профілем PS0coated\_v3.icc за схемою, представленою на рис. 8.

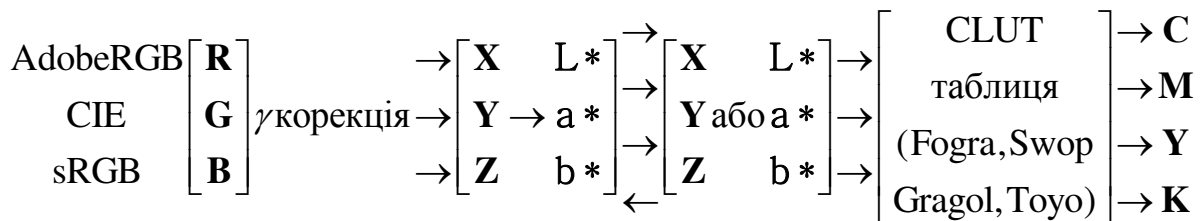


Рисунок 8 – Схема колірних перетворень

Для замірів координат кольору та побудови графіків використано інструментальні засоби програми Adobe PhotoShop (інструмент Пипетка Eyedropper Tool) й палітру Інфо (Info) та програму для побудови графіків та аналізу даних Origin Lab.

На рис. 9 показано розташування кольорів шкали на діаграмі CIE після перетворення за допомогою чотирьох методів стиснення в цільовий профіль друку.

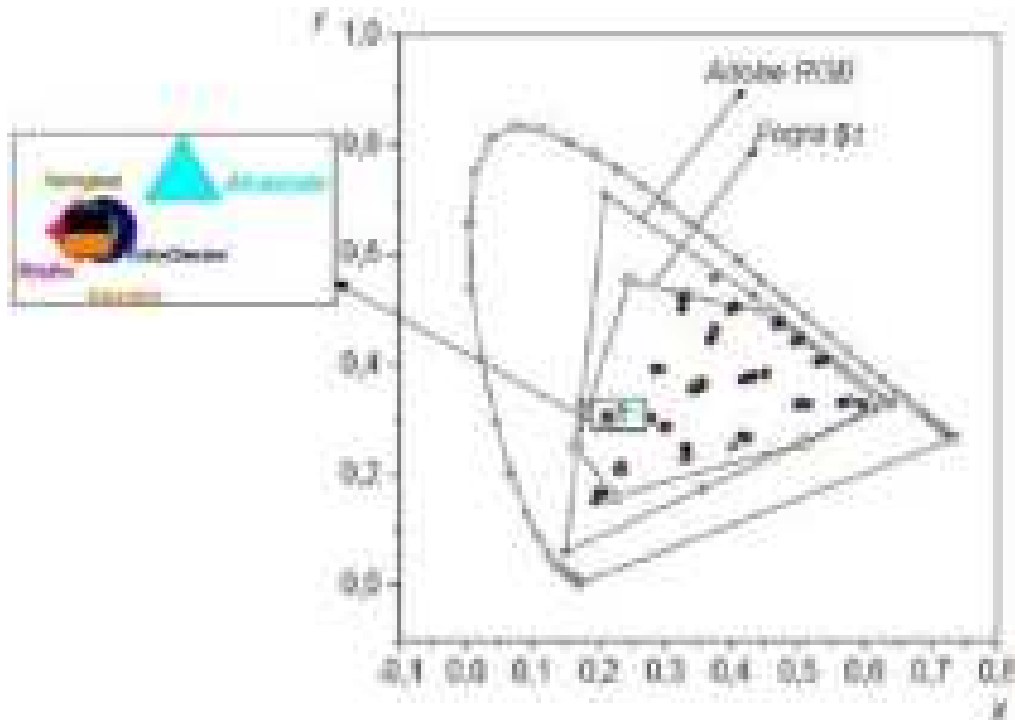


Рисунок 9 – Взірці кольору на діаграмі CIE

При візуальному оцінюванні результатів кольороподілу з використанням різних алгоритмів стиснення можна сказати, що суттєвої різниці між результатами роботи методів Perceptual, Relative Colorimetric, Saturation нема. Лише метод Absolute Colormetric дає дещо інший результат. Усі кольори зображення забарвлюються в синій відтінок, бо при цьому методі перерахунку не виконується приведення до цільової білої точки профілю пристрою виведення. На графіку (рис. 9) також видно, що для певних кольорів шкали саме при цьому методі стиснення, координати кольору значно відрізняються від тих, що отримані за іншими методами.

Наступним було обрано тестовий оригінал усі поля тестової шкали якого виходили за межі обраного друкарського процесу. Результати перетворень представлено на рис. 10.

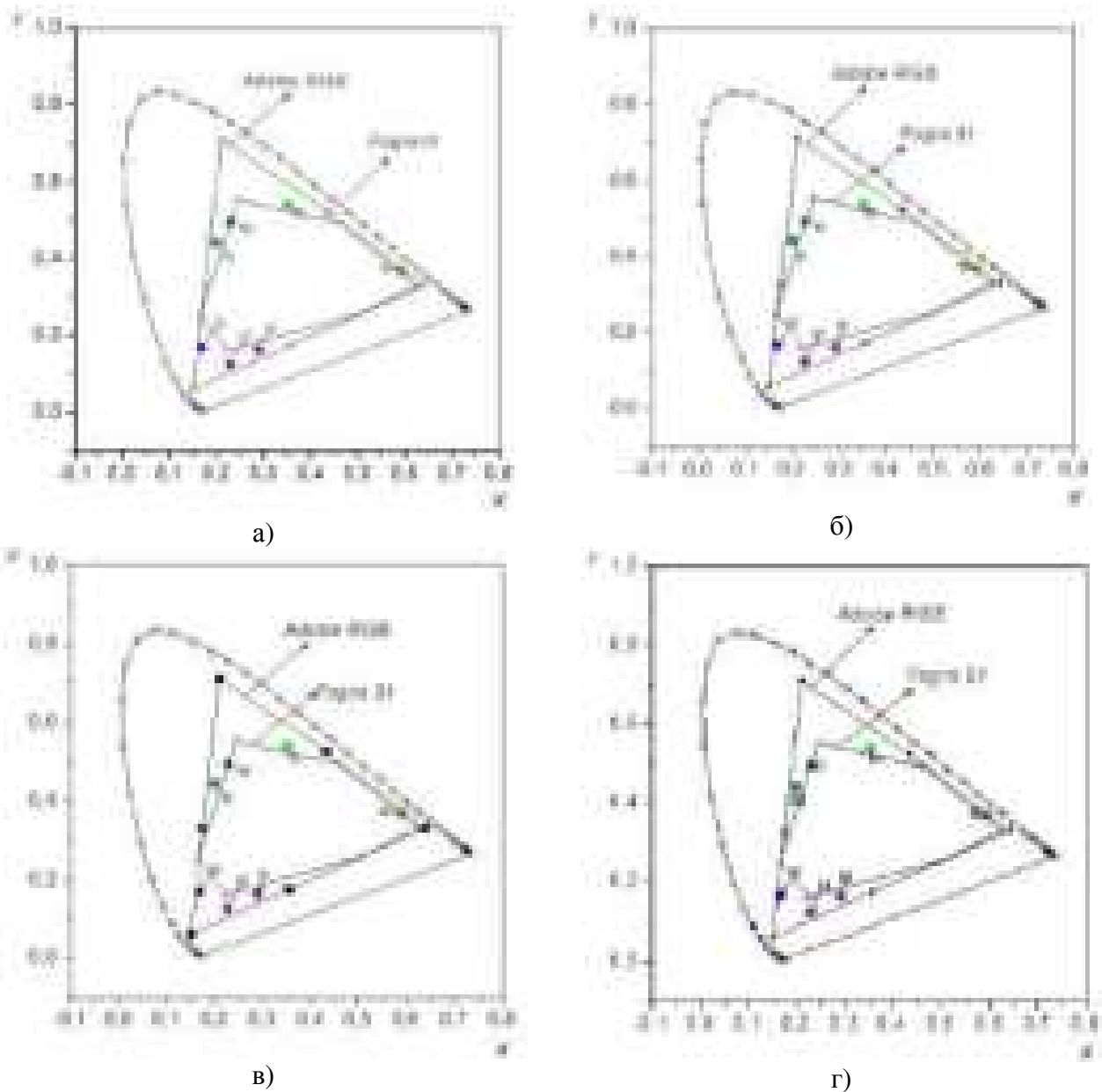


Рисунок 10 – Результати стиснення а) Absolute Colormetric; б) Relative Colorimetric; в) Perceptual; г) Saturation

При абсолютному колориметричному перерахунку кольорів (Absolute Colorimetric) всі вихідні кольори, які попадають в межі колірною охоплення пристрою виведення залишаються без зміни. Кольори, які знаходяться за межами охоплення пристрою виведення замінюються найближчими за колірним тоном. При цьому двома іншими характеристиками кольору насиченістю і світлотою нехтується.

Робота іншого колориметричного методу Relative Colorimetric побудована аналогічно до попереднього, з тією відмінністю, що в цьому методі відбувається перерахунок кольорів зображення відносно точки білого, зазначеної в профілі пристрою виведення. Ця особливість дає змогу досягнути максимально можливої колориметричної рівності кольорів оригіналу і відбитку. Властивість людського зору адаптуватись до різних умов освітлення, відома, як явище хроматичної адаптації, дозволяє спостерігачеві не помічати різниці між зображенням в одному колірному просторі і тим же зображенням, перетвореним в інший колірний простір, якщо колориметрично точки білого двох колірних просторів будуть різними, але будуть збережені співвідношення між білим і рештою кольорів у зображенні.

При методі Perceptual здійснюється перерахунок всіх кольорів зображення таким чином, щоб при цьому збереглись приблизні співвідношення між колірними тонами пікселів. Проте зберігається світлотіньовий рисунок зображення. Як відомо з основ теорії кольору, око людини в більшій мірі реагує на зміну яскравості зображення, ніж на зміну його колірною тону. Perceptual, на відміну від колориметричних методів масштабує всі кольори: й ті, що не входять в колірне охоплення цільового профілю і ті, що входять.

Застосування методу Saturation призводить до результату перетворення колірною інформації при якому кольори зображення замінюються на найближчі до них за параметром насиченості. Тоді точністю кольоропередачі і тонопередачі нехтується.

## Результати досліджень

У програмі “ICaS КолірДрук-1” відкривається можливість оцінити відтворення будь якого кольору оригіналу у колірному просторі обраного процесу друку. Було досліджено точність моделювання процесу кольороподілу програми “ICaS КолірДрук-1”. Різницю між експериментально виміряними на відбитку та теоретичними значеннями координат  $R, G, B$  розраховано за формулою:

$$\Delta C_i = C_i^{exper.} - C_i^{teoret.}, \quad i = R, G, B. \quad (12)$$

Значення  $C_i^{exper.}$  було визначено з експериментальних даних FOGRA.  $R, G, B$  координати кольорів, синтезованих тими самими комбінаціями відносних площ  $S_C, S_M, S_Y, S_K$  растрових елементів друкарських фарб отримано за результатами обчислень програми і це теоретичні значення  $C_i^{teoret.}$ .

Для визначення точності моделювання було розраховано півтори тисячі значень по кожній координаті  $R, G, B$ . Графіки, на яких представлено різницю  $\Delta C_i$  між експериментальними даними FOGRA 51 та теоретичними значеннями показано на рис. 11.

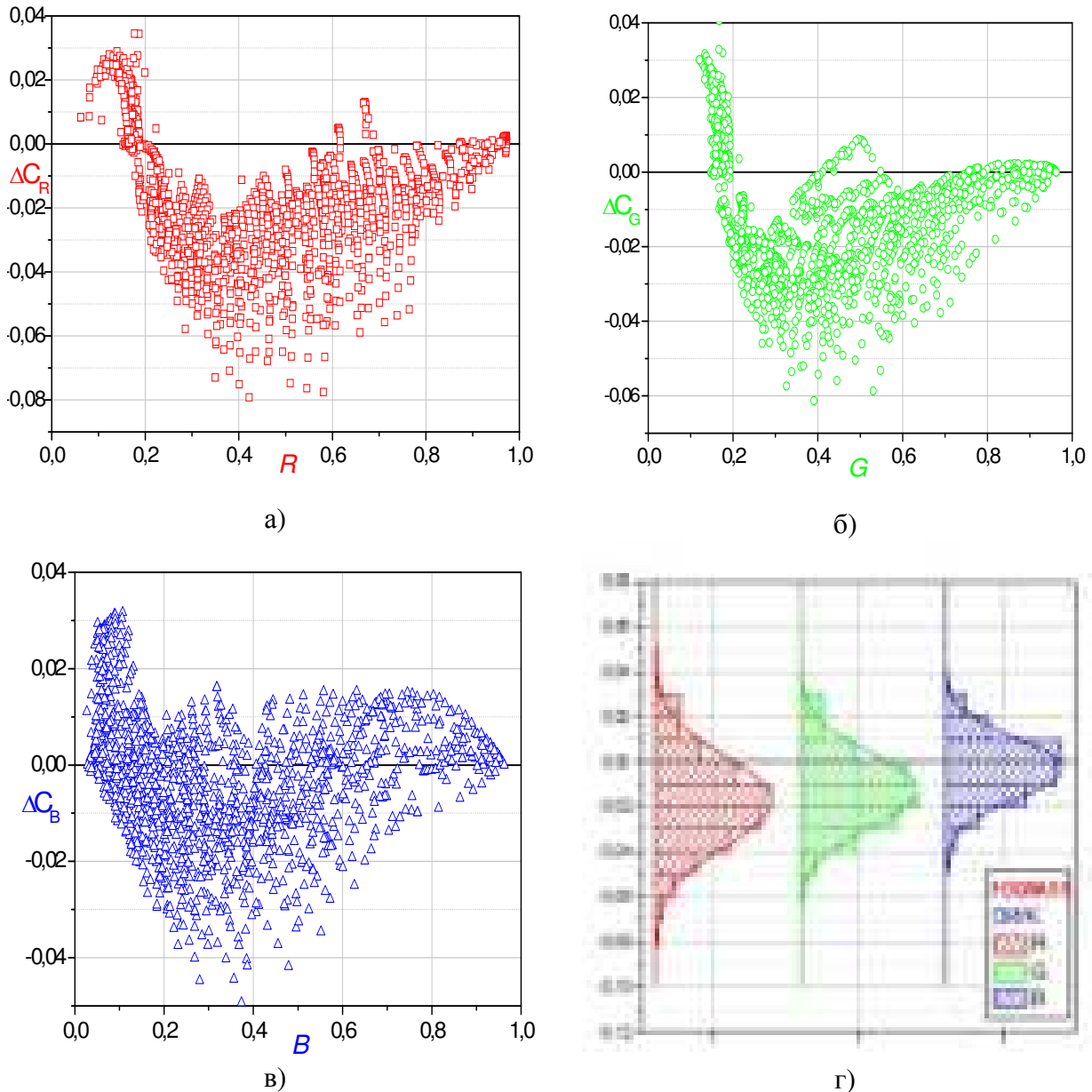


Рисунок 11 –Точність моделювання (FOGRA 51): а – координата R; б – координата G; в – координата B; г – зведена діаграма

Усі значення різниці між досліджуваними величинами знаходяться в діапазоні від -0,08 до 0,04. Як по кожній координаті окремо (рис. 11, а, б, в) так і загалом (рис. 11, г), для характеристичних даних FOGRA 51 найбільші відхилення спостерігаються у межах від -0,01 до 0,02 і становлять близько  $2 \pm 1\%$ .

Для оцінювання результатів перетворення кольорів зображень з простору RGB до CMYK було підбрано серію цифрових зображень з вбудованим

профілем Adobe RGB (1998), потенційних ілюстрацій поліграфічної продукції й виконано кольороподіл до профілю друкарського процесу PS0coated\_v3.icc із застосуванням чотирьох базових алгоритмів перерахунку кольорів, які є доступні до вибору у програмі Adobe PhotoShop. Ці оригінали різняться за сюжетом: пейзажі, портрети, тварини, птахи, архітектура та ін. й містять різноманітні поєднання кольорів.

За результатами перетворень можна стверджувати, що прямий колориметричний перерахунок кольорів не варто використовувати для кольороподілу фотографічних і кольорових півтонових оригіналів, оскільки вивідні пристрої забезпечують суттєво менше колірне охоплення, ніж RGB-пристрої відображення чи цифрові камери. При прямому колориметричному перерахунку не враховується хроматична адаптація – точка білого колірному простору зображення не коректується під точку білого пристрою виводу. Кольори, які виходять поза колірне охоплення друкарської системи, замінюються кольорами, що помітно відрізняються від кольорів оригіналу. Якщо цільове охоплення зображення покривається цільовим охопленням пристрою, то ніяких спотворень при перетворенні не буде, а навпаки, кольори на відбитку будуть відтворені максимально точно по відношенню до оригіналу. Оскільки Absolute Colorimetric не зберігає співвідношення між кольорами в цільовому просторі, то хоча ті кольори, що попадають в цільове охоплення будуть залишені без змін, а ті, що не вдається відтворити в друці будуть замінені іншими найближчими по тону, спостерігач помітить, що порушене загальне співвідношення між кольорами, хоча колориметричні відмінності можуть бути мінімальними.

За результатами перетворень можна стверджувати, що прямий колориметричний перерахунок кольорів не варто використовувати для кольороподілу фотографічних і кольорових півтонових оригіналів, оскільки вивідні пристрої забезпечують суттєво менше колірне охоплення, ніж RGB-пристрої відображення чи цифрові камери. При прямому колориметричному перерахунку не враховується хроматична адаптація – точка білого колірному простору зображення не коректується під точку білого пристрою виводу. Кольори, які виходять поза колірне охоплення друкарської системи, замінюються кольорами, що помітно відрізняються від кольорів оригіналу. Якщо цільове охоплення зображення покривається цільовим охопленням пристрою, то ніяких спотворень при перетворенні не буде, а навпаки, кольори на відбитку будуть відтворені максимально точно по відношенню до оригіналу. Оскільки Absolute Colorimetric не зберігає співвідношення між кольорами в цільовому просторі, то хоча ті кольори, що попадають в цільове охоплення будуть залишені без змін, а ті, що не вдається відтворити в друці будуть замінені іншими найближчими по тону, спостерігач помітить, що порушене загальне співвідношення між кольорами, хоча колориметричні відмінності можуть бути мінімальними.

Relative Colorimetric виявився ефективним для більшості зображень, оскільки дозволяє досягнути максимально можливої колориметричної подібності кольорів оригіналу і відбитку. Також при застосуванні цього методу спостерігається візуальна схожість, оскільки кольори оригіналу перераховуються відносно білої точки пристрою виведення. Це забезпечує правильні колірні співвідношення між білим і рештою кольорів оригіналу та білим і рештою кольорів відбитку. Проте кольори, які виходять за межі колірною охоплення простору виведення, замінюються на найближчі за колірним тоном, що може привести до не бажаного колірною зсуву в областях, де кольори не можуть бути напряму відтворені пристроєм, особливо, якщо колірне охоплення зображення суттєво більше за колірне охоплення пристрою виведення. Якщо ж біла точка в вихідному і цільовому просторах однакова, то різниці між перетвореннями двома колориметричними методами Absolute і Relative не буде.

Метод Perceptual є не колориметричним, проте також може використовуватись для кольороподілу фотографічних зображень. Його варто вибирати при репродукції зображень з великим колірним охопленням. При значній різниці в охопленнях колірних просторів за цим методом одержуємо візуально більш прийнятний результат, ніж при Relative Colorimetric. Perceptual, на відміну від Colorimetric масштабує всі кольори і ті, що не входять в колірне охоплення цільового профілю, і ті що входять. При стисненні з більшого охоплення в менше завжди буде різниця між результатами перетворень по Colorimetric та Perceptual. І, навпаки, якщо в оригінальному зображенні є мало не відтворюваних вивідним пристроєм кольорів, то результати роботи методів Relative Colorimetric і Perceptual дуже схожі.

Метод Saturation не може бути використаний для кольороподілу кольорових півтонових зображень, оскільки він не гарантує точну передачу кольору і придатний лише для відтворення кольору кругових діаграм та іншої ділової графіки.

## **Висновки**

Однозначного вирішення проблеми перетворення інформації про колір зображення між пристроями з різними колірними охопленнями не існує, тому її доводиться вирішувати комплексно. В роботі проаналізовано параметри кольороподілу, які обов'язково потрібно налаштувати на етапі додрукарської обробки цифрових оригіналів, орієнтуючись на особливості майбутнього друкарського процесу.

Показано спосіб зробити процес перерахунку кольорів з трикомпонентного простору RGB в кольори системи чотирьох фарб Cyan, Magenta, Yellow, Black більш керованим і передбачуваним. Представлено можливість одержання повної інформації для кількісної оцінки кольороподілу для вибраних колірних характеристик тріадних фарб і візуалізації синтезу кольорів на друкарському

відбитку на стадії додрукарської підготовки, завдяки використанню програми “ICaS КолірДрук-1”. Це дозволить обрати правильний метод перерахунку кольорів, які виходять за межі цільового колірнього простору.

На прикладі колірних взірців досліджено механізм роботи різних методів перерахунку кольорів, які виходять за межі колірнього простору цільового профілю друку. Проведено аналіз переваг і недоліків кожного методу стосовно різносюжетних цифрових оригіналів.

Список літератури.

1. International Color Consortium. <http://www.color.org/>
2. European Color Initiative. <http://www.eci.org/en/start/>
3. Fogra Forschungsinstitut. <https://fogra.org/en//>
4. Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints (2013). Part 2: Offset processes. Graphic technology. Geneva, Switzerland. ISO/DIS 12647-2-2013.
5. Занько, Н.В., Писанчин, Н.С., Голубник, Т.С., Маїк, Л.Я., & Ковальський, Б.М. (2022). Колориметричні методи контролю якості кольоровідтворення в поліграфії. У В.П. Ткаченко, О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова (Ред.), Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: колективна монографія (с. 37-60). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид». ISBN 978-617-7988-99-0.
6. Xrite. (б. д.). ProfileMaker v5.0.10 [https://www.xrite.com/service-support/downloads/p/profilemaker\\_v5\\_0\\_10](https://www.xrite.com/service-support/downloads/p/profilemaker_v5_0_10).
7. Heidelberg. (б. д.). Prinect Color Toolbox. [https://www.heidelberg.com/global/en/software/workflow/prinect\\_modules/olor\\_workflow\\_1/prinect\\_color\\_toolbox/product\\_information\\_97/prinect\\_color\\_toolbox.jsp](https://www.heidelberg.com/global/en/software/workflow/prinect_modules/olor_workflow_1/prinect_color_toolbox/product_information_97/prinect_color_toolbox.jsp).
8. Ньюберг, Н.Д. (1947). Теоретичні основи колірної репродукції. Радянська наука.
9. Ковальський, Б.М., Занько, Н.В., Писанчин, Н.С., & Семенів, В.В. (2020). Інформаційна технологія кольороподілу зображення: монографія. Львів: Українська академія друкарства. ISBN 978-966-322-544-9.
10. Шовгенюк, М.В. (2009). Новий кольоровий простір ICaS на основі перетворення Хартлі. Львів: ІФКС НАН України.
11. Babelcolor. (б. д.). ColorChecker (1976-2022). [https://babelcolor.com/colorchecker.htm#xl\\_CCP1\\_NewSpecifications](https://babelcolor.com/colorchecker.htm#xl_CCP1_NewSpecifications).

УДК 004.891.3

## МОДЕЛЮВАННЯ ДВОКОНТУРНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Левикін І.В.**

д.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Відповідно до розробленої концепції організаційного двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами на основі прецедентного підходу, сформульована задача управління множиною наскрізних бізнес-процесів як завдання мінімізації сумарного часу очікування доступу до ресурсів множини бізнес процесів при обмеженнях на час виконання кожного процесу. Наведено розподіл бізнес-процесів за рівнями ієрархії, що дозволяє використовувати адаптовані елементи функціонального управління для структурних і локальних наскрізних бізнес-процесів. Представлена логічна модель наскрізних бізнес-процесів яка забезпечує можливість підвищення ефективності управління наскрізними бізнес-процесами з використанням прецедентного підходу за рахунок прогнозу використання ресурсів.*

***Ключові слова:** МОДЕЛЬ, ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ, НАСКРІЗНИЙ БІЗНЕС-ПРОЦЕС, ПРОЦЕСНЕ УПРАВЛІННЯ, РЕСУРСИ, ПРЕЦЕДЕНТ.*

### **Вступ**

Ефективність процесного управління значною мірою залежить від адекватності визначення бізнес-процесів. Під час побудови процесної архітектури використовують різні підходи до класифікації процесів. Найбільш широко використовують такі класифікаційні ознаки:

- клієнти бізнес-процесів;
- відношення до створення вартості;
- рівень деталізації.

За першою ознакою виділяють внутрішні та зовнішні процеси. Клієнтами внутрішніх процесів є співробітники компанії, у якій цей процес виконується. Клієнтами зовнішніх процесів є інші організації. Ця класифікація дає змогу виділити процеси, виходи яких розташовані за межами організації, тобто в таких процесах не завжди враховується організаційна структура підприємства, де виконується бізнес-процес [1].

За другою ознакою виділяють основні та супутні процеси, що забезпечують створення доданої вартості; а також допоміжні, адміністративні процеси та процеси розвитку.

Основні процеси орієнтовані на виробництво і відповідають місії підприємства – тобто є головними в його діяльності. До цієї групи процесів належать процеси маркетингу, виробництва, збуту, постачання, сервісного обслуговування, виробництва товару або надання послуги. Супутні процеси забезпечують виробництво супутніх товарів або надання супутніх послуг.



Допоміжними є процеси, що підтримують виконання основних і супутніх процесів шляхом забезпечення таких їх особливостей, які недоцільно виконувати в межах основних і супутніх бізнес-процесів, наприклад, процеси транспортного та технічного обслуговування. Допоміжні процеси збільшують вартість виробів і послуг.

Адміністративними є процеси, які реалізують управлінські функції, наприклад, процеси планування, управління персоналом, управління документообігом, бюджетування тощо.

Бізнес-процеси розвитку спрямовані на реалізацію інновацій, а також вдосконалення товарів чи послуг, технологій виробництва, обладнання.

Відокремлення процесів за третьою ознакою дає змогу побудувати ієрархію бізнес-процесів, визначаючи їх на рівні підприємства, множини підрозділів, окремих підрозділів, виконавців [2].

Ця ознака задає критерії для визначення меж процесів (входів і виходів).

Процеси верхнього рівня мають входи і виходи в межах підприємства загалом, однак вони не деталізовані за операціями, які виконуються в окремих підрозділах. З іншого боку, виділені на межі підрозділів бізнес-процеси дають локальний і досить детальний опис послідовності дій. Однак у тому випадку, якщо користувачі бізнес-процесів розташовані за межами підрозділів, такий опис розриває єдину послідовність дій, не дає змоги побачити картину в цілому, і, таким чином, ускладнює управління такими процесами. Це призводить до зниження ефективності системи процесів підприємства в цілому.

Для вирішення вказаної суперечності виділяють наскрізні бізнес-процеси, які проходять через підприємство загалом. Наскрізні процеси є процесами, що виконуються в межах декількох підрозділів і забезпечують інтеграцію діяльності співробітників незалежно від їх підпорядкування на підприємстві. Такі бізнес-процеси мають входи і виходи в межах підприємства, але деталізуються на рівні окремих виконавців.

Наскрізний процес має такі властивості:

- цілі підприємства;
- процес виконують співробітники різних структурних підрозділів підприємства;
- виконання процесу розглядають як на рівні окремих співробітників, так і на рівні підрозділів; визначення процесу на рівні співробітників дає змогу формалізувати їх взаємодію без урахування організаційної структури підприємства;
- результат процесу є істотним для організації в цілому;
- результат процесу забезпечує виконання вимог зовнішніх користувачів;
- виділення наскрізних процесів забезпечує можливість підвищення ефективності процесного управління шляхом видалення «вузьких місць» у взаємодії між підрозділами підприємства;
- контроль за виконанням процесу загалом і розподілом ресурсів для нього може бути виконаний однією особою з керівного складу підприємства;

такий керівник може бачити весь процес і оптимізувати його для отримання кінцевого результату з мінімальними витратами ресурсів.

Виділення наскрізних процесів виконують згідно з системним підходом, тому менеджмент розглядає підприємство як систему взаємопов'язаних процесів без урахування його функціональної структури. Це забезпечує такі можливості:

- співробітники розглядають бізнес-процес у повному обсязі, без його обмеження своїм підрозділом, що дає їм змогу уточнити свою роль у процесі з урахуванням необхідності взаємодії з клієнтами;

- поліпшується взаємодія співробітників, що належать до різних підрозділів;

- у результаті зміни потоків інформації підвищується результативність і ефективність бізнес-процесів.

Процесний підхід до управління базується на виділенні бізнес-процесів, які регулярно повторюються. При виділенні наскрізних бізнес-процесів доцільно враховувати такі критерії:

- ціль процесу є незмінною;

- діяльність здійснюється на регулярній основі;

- технологія, відповідно до якої виконується процес, є стабільною;

- склад виконавців процесу також є стабільним.

### **Мета дослідження**

Метою дослідження є підвищення ефективності управління системою взаємопов'язаних наскрізних бізнес-процесів підприємства на основі прецедентного підходу.

### **Основна частина**

Проблема управління множиною нерегулярних наскрізних бізнес-процесів підприємства пов'язана з тим, що такі процеси не враховують організаційну структуру підприємства і тим самим не використовують існуючі ієрархічні підходи до розподілу ресурсів між підрозділами, що може призвести до конкуренції за ресурси між бізнес-процесами, відповідного зниження ефективності процесного управління і, як наслідок, несвоєчасного досягнення поточних цілей та отримання відповідних матеріальних збитків.

В той же час головна мета процесного підходу полягає в значному підвищенні ефективності управління підприємством за рахунок організації безпосередньої взаємодії між співробітниками підрозділів, що є виконавцями бізнес-процесів [3]. Така взаємодія між виконавцями бізнес-процесу в своїй основі визначається не лише апріорно відомою послідовністю дій бізнес-процесу, але й корпоративною культурою підприємства, правилами та обмеженням в роботі, безпосередня формалізація яких пов'язана зі значними труднощами [4]. Це визначає актуальність розробки концептуальних засад процесного управління з використання прецедентів бізнес-процесів.

Розробка концептуальних засад управління наскрізними бізнес-процесами передбачає вирішення наступних задач:

- розробка концепції двоконтурного процесного управління, у відповідності до якої у першому контурі виконується управління окремими процесами за допомогою традиційних підходів, а у другому – управління множиною наскрізних бізнес-процесів з використанням прецедентів;

- уточнення процесної архітектури підприємства з урахуванням структурних та наскрізних бізнес-процесів;

- розвиток workflow – моделей наскрізних бізнес-процесів з використанням наявних ресурсів підприємства у якості обмежень на вибір поточної траєкторії виконання таких процесів;

- розвиток моделей категорій бізнес-процесів як елементів верхнього рівня процесної архітектури підприємства.

В даний час існуюча організація виробництва не враховує протиріччя між вертикально-орієнтованою лінійною організаційною структурою підприємства та горизонтальною організацією бізнес-процесів як послідовностей дій з отримання потрібного для споживача результату.

Для подолання вказаного протиріччя при впровадженні бізнес-процесів часто враховується їх зв'язок з функціональними підрозділами підприємства. Це дозволяє визначити входи і виходи процесу по межах відповідних підрозділів, з урахуванням їх регламентованих функцій, взаємодії процесів в рамках підприємства, а також належності власників процесів до підрозділів підприємства. В рамках даного підходу обов'язки власників можуть бути поєднані з обов'язками керівників підрозділів [5].

Оскільки процеси «прив'язані» до функціональних підрозділів, в цьому випадку кожен працівник виконує дії над елементами процесу відповідно до своїх функціональних обов'язків. У той же час, зміна тих чи інших дій над процесами потребує коригування їх обов'язків, виходячи з нових цілей процесу. Такі цілі необхідно постійно коригувати для того, щоб реалізувати фази управління у вигляді планування, обліку, контролю, аналізу і регулювання.

Перевагою такого підходу є те, що він дозволяє сформулювати вимоги до процесів збору, передачі, обробки та видачі даних користувачам на їх запит, а також до інформаційного, програмного, математичного, технічного забезпечуючого комплексу інформаційної системи управління підприємством, з урахуванням задокументованих функціональних обов'язків виконавців. Це забезпечує підтримку процесів виконання і безперервного поліпшення бізнес-процесів в рамках процесного управління.

Однак при реалізації такого обмеженого підходу до процесного управління менеджмент підприємства враховує традиційну структуру зв'язків між підрозділами, і тому підприємство не розглядається як система процесів, що взаємодіють. Вказаний недолік не дозволяє радикально підвищити ефективність управління внаслідок виникнення матричного управління.

В той же час головною метою впровадження процесного підходу є досягнення значного підвищення ефективності за рахунок організації ефективної взаємодії між співробітниками підрозділів, що є виконавцями бізнес-процесів.

Для реалізації ключових переваг процесного управління використовуються, як зазначалось раніше, наскрізні бізнес-процеси. При проектуванні наскрізних бізнес-процесів організаційна структура підприємства не враховується, вони «пронизують» підрозділи, інтегруючи їх діяльність. Відповідальність за процес несе власник, який використовує інформацію про процеси, персонал, інфраструктурі, обладнанні, технології і т.п. Тому зв'язок між підрозділами при побудові таких процесів трансформується в зв'язок між наскрізними бізнес-процесами.

Таким чином, при управлінні наскрізними бізнес-процесами потрібно враховувати як особливості управління окремими процесами, так і особливості взаємодії між ними, що і вказує на необхідність реалізації двоконтурного процесного управління.

Запропонована концепція процесного управління базується на наступних принципах:

- підтримка управління наскрізними виробничими процесами за рахунок безпосередньої взаємодії виконавців із різних структурних підрозділів.

- відповідності до даного принципу, функціональна структура підприємства, що базується на організаційній структурі, повинна бути спрямована на управління наскрізними процесами за допомогою встановлення відповідних горизонтальних і вертикальних зв'язків між підрозділами.

- розробка математичної моделі для кожного наскрізного процесу у вигляді послідовності процедур і дій, які виконуються конкретними підрозділами і виконавцями. Створення такої процесної моделі у вигляді сукупності пов'язаних у часі дій або послідовностей дій дає можливість власнику процесу коригувати дії з урахуванням одержуваних вхідних і вихідних параметрів для отримання продукту, що задовольняє встановленим вимогам.

- організація динамічних виробничих процесів, що передбачає можливість їх тимчасового припинення та відновлення за результатами моніторингу ходу виконання процесу, а також реагування на внутрішні і зовнішні зміни за допомогою реалізації функцій планування, обліку, контролю і регулювання.

- залучення власників процесу, персоналу в процес постійного підвищення якості продукту, відповідальності за його виконання, що вимагає реалізації от власників процесу задоволення внутрішніх потреб (умови праці, технології, обладнання, логічне забезпечення виробництва і т. п.).

### **Задачі двоконтурного управління множиною наскрізних бізнес-процесів**

Загальну схему, що відображує особливості двоконтурного управління множиною наскрізних бізнес-процесів, представлено на рис. 1.

У відповідності до запропонованої концепції, внутрішній контур призначений для управління окремими наскрізними бізнес-процесами.

Управління виконується традиційно для процесного підходу, за відхиленням показників бізнес-процесу. В залежності від величини відхилень показників процесу виконуються управляючі дії, що забезпечують коригування або попередження відхилень.



Рисунок 1 – Схема двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами

Контур прецедентного управління множиною бізнес-процесів реалізує управління множиною взаємодіючих бізнес-процесів, що передбачає вибір та запуск на виконання кожного бізнес-процесу з урахуванням обмежень по наявних ресурсах. Такі обмеження визначаються як наявними ресурсами підприємства, так і множиною ресурсів, що в поточний час використовуються бізнес-процесами. Особливість даного контуру пов'язана з використанням прецедентів у якості цільової моделі для запущених бізнес-процесів.

Побудова адекватної моделі бізнес-процесу «з чистого аркуша» потребує реалізації декількох циклів «пере/проекування» – «впровадження» – «виконання» – «оцінка». За результатами кожного циклу початкова модель процесу уточнюється або перепроєкується. Необхідність застосування прецедентів при управлінні бізнес-процесами пояснюється складністю отримання їх адекватних математичних моделей класичними методами через особливості предметної області.

В той же час використання прецедентів-аналогів бізнес-процесів дає можливість тиражувати практично перевірений досвід процесного управління, скоротивши тим самим кількість циклів перепроєктування бізнес-процесів. Особливо актуальним такий підхід є при впровадженні нових наскрізних бізнес-процесів, оскільки вони не враховують організаційну структуру і, відповідно, досвід функціонального управління співробітників.

Реалізація двоконтурного прецедентного управління у відповідності до запропонованої концепції передбачає вирішення наступних задач (рис. 2):

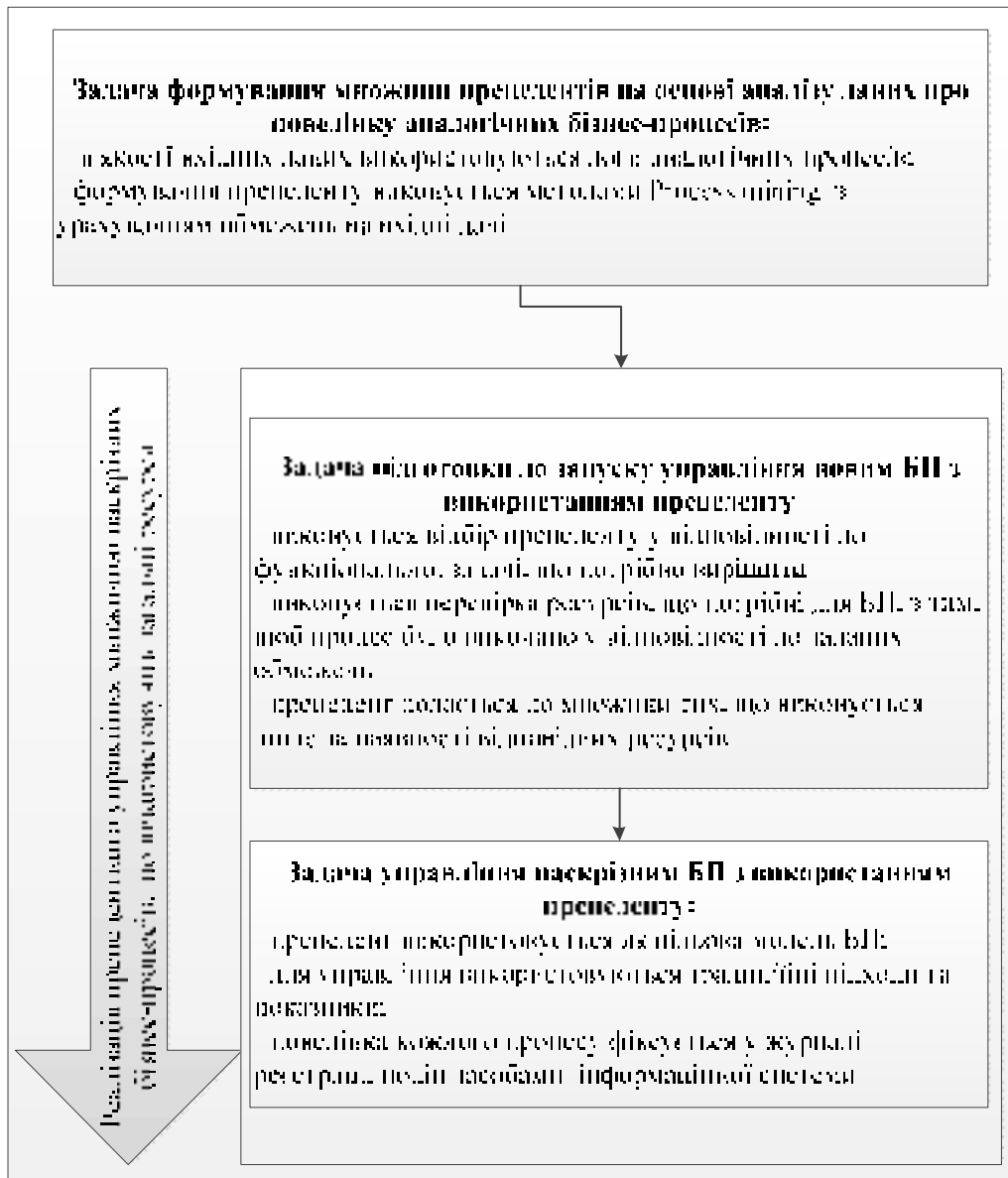


Рисунок 2 – Задачі двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами

- формування множини прецедентів для нового бізнес-процесу на основі аналізу даних про поведінку аналогічних бізнес-процесів;
- запуск управління новим бізнес-процесом з використанням прецеденту як моделі процесу;
- управління новим бізнес-процесом з використанням прецеденту.

Перша задача є підготовчою та забезпечує можливість організації прецедентного управління. Дана задача доповнює наведений в попередньому розділі порядок створення і застосування прецеденту.

В якості вхідних даних задачі задається опис ситуації та опис поведінки бізнес-процесів. Опис ситуації задає ту задачу, яку повинен виконати бізнес-процес.

Опис ситуації дозволяє відібрати варіанти поведінки існуючих процесів, що забезпечують вирішення задачі. Варіанти поведінки бізнес-процесів представляються у вигляді множини послідовності подій, що відображують послідовність дій наскрізного бізнес-процесу.

Кожній реалізації бізнес-процесу відповідає своя послідовність подій. На основі об'єднання послідовностей для всіх відомих реалізацій бізнес-процесу можна отримати прецедент для такого процесу.

Множина послідовностей подій формується інформаційною управляючою системою у лозі (журналі реєстрації подій) бізнес-процесу.

Побудова моделей бізнес-процесів на основі аналізу логів звичайно виконується методами Process Mining (інтелектуального аналізу процесів). Порівняння методів Process Mining наведено у розділі 1 даної роботи.

Слід відзначити, що при формуванні прецеденту може бути використана підмножина послідовностей подій логу. Фільтрація подій в даному випадку виконується у відповідності до функціональної підзадачі, рішення якої представлено відповідним прецедентом. Ознаками, що дозволяють визначити належність подій до функціональної задачі, є атрибути подій. В якості атрибутів в більшості випадків використовуються: назва операції процесу; виконавець; об'єкт, що використовується процесом; назва підрозділу організації, де виконується процес, тощо.

Тоді при вирішенні задачі побудови прецеденту бізнес-процесу на основі аналізу опису логу  $L$  потрібно знайти відображення підмножини подій логу, що відображають дії процесу із необхідними для виконання функціональної задачі ресурсами, на модель прецеденту процесу:

*Дано:*

$$Rs = \{r_{ij}\}, L = \{e_i\}$$

*Знайти:*

$$f : L^{Rs} \rightarrow Mp_k \mid \forall e_i \in L^{Rs} \exists r_{ij} \in Rs, L^{Rs} \subseteq L, \quad (1)$$

де  $Mp_k$  – модель прецеденту бізнес-процесу, що містить у собі умови, результат та процес вирішення функціональної задачі;

$L$  – повний лог процесу, що містить у собі записи про всі відомі варіанти його реалізації;

$L^{Rs}$  – підмножини подій логу, що відображує роботу із заданою множиною ресурсів;

$Rs$  – підмножина ресурсів, що потрібні для вирішення бізнес-процесом відповідної функціональної задачі;

$r_{ij}$  –  $j$ -й ресурс, що використовується при виконанні  $i$ -ї дії бізнес-процесу;

$e_i$  –  $i$ -та подія логу, що свідчить про виконання  $i$ -ї дії бізнес-процесу.

Друга задача – підготовки до запуску управління бізнес-процесом з використанням прецеденту – реалізується в контурі прецедентного управління та передбачає вирішення підзадач відбору аналога (прецеденту), перевірки наявних ресурсів, та включення відібраного бізнес-процесу до контуру управління наскрізними бізнес-процесами. Сутність підзадачі відбору підходящого прецеденту наскрізного бізнес-процесу полягає в наступному. Потрібно знайти у множині прецедентів такий, який забезпечує вирішення заданої функціональної задачі при наявності множини вхідних умов, що характерні для поточного підприємства. Множина вхідних умов може бути виражена через наявність потрібних для виконання бізнес-процесу ресурсів в тому випадку, якщо під ресурсами розуміти не лише матеріали й обладнання, а й інфраструктуру, виконавців, множину допустимих дій бізнес-процесу, тощо. Тоді при вирішенні підзадачі відбору необхідно знайти прецедент, який можна представити у наступному вигляді:

*Дано :*

$$Mp, Rs_k, Z_k \mid \exists Rs_k \quad (2)$$

*Знайти :*

$$Mp_k \in Mp \mid \exists \tau : \exists Rs_k$$

де  $Mp$  – множина моделей прецедентів бізнес-процесів, що використовуються при управлінні підприємством;

$Z_k$  –  $k$ -а функціональна задача, що вирішується виконанням бізнес-процесу;

$Rs_k$  – ресурси, що потрібні для вирішення задачі  $Z_k$ ;

$Mp_k$  – модель прецеденту бізнес-процесу, для вирішення задачі  $Z_k$ ;

$\tau$  – момент часу, коли є у наявності ресурси  $Rs_k$ .

Перевірка ресурсів, що потрібні для виконання нового бізнес-процесу, виконується традиційно, з використанням засобів інформаційної системи управління підприємством.

Послідовність виконання розглянутих підзадач наведено на рис. 3.

Третя задача – управління наскрізним бізнес-процесом з використанням прецеденту є традиційною задачею управління за відхиленням. При реалізації даної задачі бізнес-процес виконується у відповідності до заданого в цільовій моделі бізнес-процесу алгоритму. При відхиленні (невідповідності параметрів моделі та процесу) виконуються необхідні управляючі дії.

У відповідності до запропонованої концепції, управління в даному контурі має наступні відмінності:



- прецедент використовується як цільова модель бізнес-процесу;
- поведінка кожного процесу фіксується у журналі реєстрації подій засобами інформаційної системи.

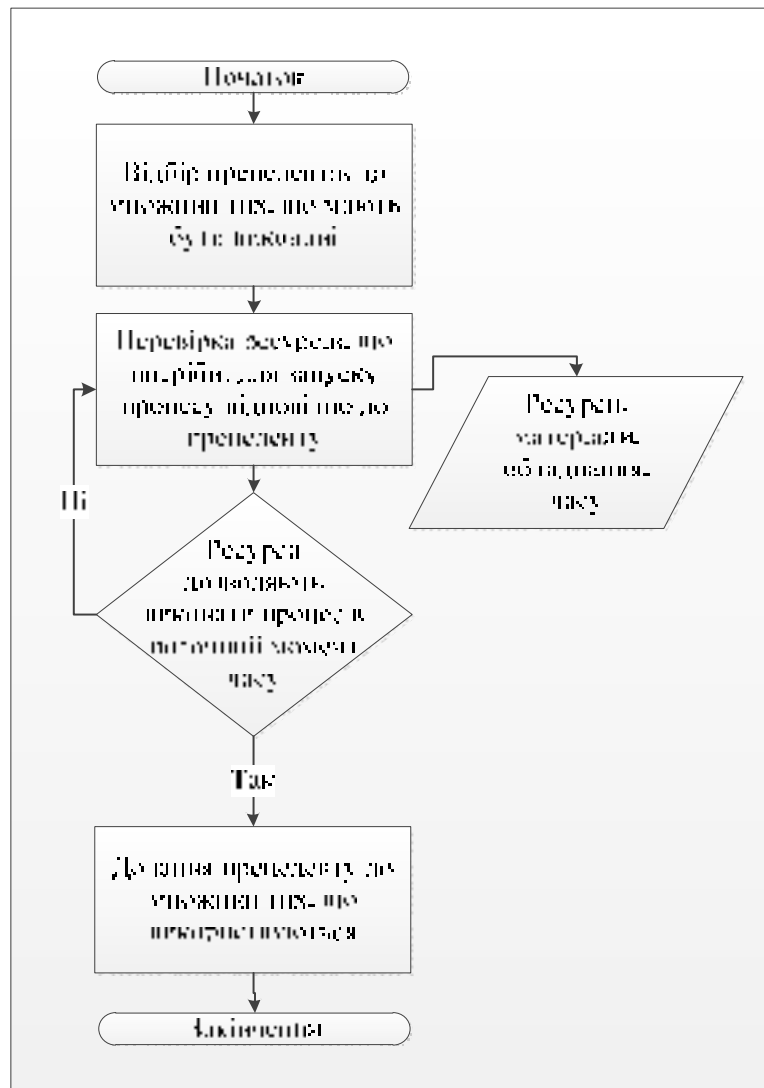


Рисунок 3 – Послідовність запуску управління новим бізнес-процесом з використанням прецеденту

Слід відзначити, що фіксація поведінки процесу в форматі логу потрібна для доповнення існуючого прецеденту, як це було показано при розгляді задачі формування множини прецедентів.

### Постановка задачі прецедентного управління

Об'єктом прецедентного управління у відповідності до запропонованої концепції є сукупність бізнес-процесів, причому цільова модель кожного з них представлена прецедентом.

Це означає, що для кожного наскрізного бізнес-процесу задано множину всіх відомих з практики послідовностей дій з вирішення відповідної функціональної задачі з урахуванням всіх відомих затримок в її обслуговуванні.

Особливість прецедентних моделей бізнес-процесів у другому контурі управління полягає в тому, що кожен наскрізний бізнес-процес характеризується послідовністю його реалізованих станів, а не параметрами продукції або послуг, вироблених цим процесом. Відома з досвіду множина послідовностей станів процесу обмежує можливі варіанти його подальшої поведінки, задаючи тим самим напрямок його виконання. Кожен дискретний стан процесу відповідає реалізації однієї з дій бізнес-процесу. Тоді подальше управління в кожен дискретний момент часу полягає у виборі такої послідовності станів (дій), яка забезпечувала б досягнення цільового стану процесу при заданих ресурсних обмеженнях.

Тому задача прецедентного управління множиною наскрізних бізнес-процесів вимагає оцінки не лише поточного стану кожного процесу, що виконується, а й їх подальших станів. Оцінка полягає у віднесенні поточного та майбутніх станів кожного бізнес-процесу до одного з апріорно заданих класів:

- стани, які не можуть бути використані при його подальшому виконанні;
- стани, які забезпечують досягнення цільового стану із затримками;
- стани, що забезпечують досягнення цільового стану без інтервалів затримки.

До першої групи належить така послідовність станів бізнес-процесу, яка не забезпечує досягнення цільового стану процесу. В рамках прецедентного підходу це означає, що на практиці ще не було таких послідовностей дій, які забезпечили б досягнення цільового стану із поточного стану процесу.

До другої групи належать стани, для яких в прецедентній моделі існують траєкторії досягнення результату бізнес-процесу. Однак на цих траєкторіях поруч з діями процесу існують інтервали затримки, пов'язані з очікуванням ресурсів.

Слід відзначити, що очікувані затримки з ресурсами можуть бути визначені двома способами:

- по відомих затримках у складі процесу вирішення задачі прецеденту;
- за результатами аналізу поточного стану ресурсів та прогнозування їх використання процесами, що виконуються.

Відмінності між вказаними способами полягають у наступному. Апріорно відомі з прецеденту затримки вказують на «вузькі місця» підприємства з точки зору наявних ресурсів. Тобто, якщо потужності наявного обладнання якогось типу недостатньо, то затримки будуть при кожному використанні цього обладнання, незалежно від конкуренції бізнес-процесів за ресурси. Такі затримки задають загальні обмеження на виконання множини бізнес-процесів.

Затримки, що прогножуються в результаті аналізу поточного стану використання ресурсів множиною процесів, виникають внаслідок конкуренції процесів за доступ до цих ресурсів. Такі затримки дозволяють сформулювати правила використання ресурсів і, відповідно, призупиняти чи знову запускати бізнес-процеси.

До третьої групи відносяться стани, в яких в моделі прецеденту існують шляхи досягнення цільового стану і не існує інтервалів затримки.

Остання група характеризує випадки, коли:

- процеси виконуються в нормальному режимі в рамках першого контуру, нові процеси не запускаються;
- при наявності готового до виконання процесу він може бути запущений в рамках другого контуру.

Таким чином, множина наскрізних бізнес-процесів при одночасному виконанні використовує ресурси підприємства без традиційних обмежень, які накладає його організаційна структура. Це призводить до виникнення не лише традиційних затримок внаслідок недостатнього об'єму окремих ресурсів, але й до додаткового очікування ресурсів внаслідок конкуренції за них між процесами.

Результатом таких затримок може стати недотримання обмежень на час виконання процесів в цілому, що може призвести до зниження конкурентоздатності підприємства і значних матеріальних втрат.

Тому, можна зробити висновок про те, що проблема прецедентного управління множиною наскрізних бізнес-процесів пов'язана з розподілом між процесами часу використання ресурсів підприємства. Очевидно, що процеси використовують ресурси лише під час виконання.

Тому концепція прецедентного управління (у другому контурі) полягає у призупиненні або запуску (відновленні) роботи бізнес-процесів з тим, щоб ефективно розподілити ресурси між ними на основі формалізованого досвіду, представленого у формі прецедентів.

Таке формулювання концепції дозволяє визначити задачу прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами. Її призначення полягає в зміні складу множини бізнес-процесів, які виконуються з метою мінімізації часу очікування ресурсів при обмеженнях на час виконання кожного з цих процесів, а також обмеження у вигляді апріорно відомого з прецедентів часу очікування доступу до ресурсів:

$$\min(\sum_i \tau_i^{wt}) \mid \forall Bp_i \tau_i \leq \tau_i^{\max}, \quad (3)$$

де  $\tau_i^{wt}$  – сумарний час очікування ресурсів для наскрізного бізнес-процесу  $Bp_i$ ;

$\tau_i$  – загальний час виконання бізнес-процесу  $Bp_i$ ;

$\tau_i^{\max}$  – обмеження на час виконання бізнес-процесу  $Bp_i$ .

Час очікування для кожного бізнес-процесу визначається як сумарний час очікування доступу до ресурсів:

$$\tau_i^{wt} = \sum_k t_{k,i}^{Rs} \mid \forall Bp_i \exists t_{k,i}^{Rs} > 0, \quad (4)$$

де  $t_{k,i}^{Rs}$  – час затримки при доступі до  $k$ -го ресурсу бізнес-процесом  $Bp_i$  у випадку недостатнього об'єму цього ресурсу.

Реалізація прецедентного управління у постановці (3) потребує подальшого розвитку не лише прецедентного підходу, але й методів Process Mining.

В загальному випадку модель прецеденту бізнес-процесу може бути отримана методами Process Mining. Однак традиційні методи Process Mining формують workflow-модель бізнес-процесу, приділяючи увагу, в першу чергу, послідовності дій і не розглядаючи доступ до ресурсів. В той же час, послідовність доступу до ресурсів, як правило, зазначається в лозі, при фіксації послідовності подій, що відображають хід виконання кожного поточного екземпляру бізнес-процесу.

Узагальнена послідовність вирішення задачі у постановці (3) з використанням записаної в логах інформації про використані ресурси бізнес-процесу має наступний вигляд.

Вхідні дані:

- попередні апріорні дані: повна інформація про ресурси підприємства;
- дані з логів поточних бізнес-процесів: послідовність дій процесу з часовими мітками; інформація про використані ресурси;
- прецеденти з інформацією про час виконання процесу та необхідні на кожному кроці (у кожному стані) ресурси.

Вирішення задачі прецедентного управління у постановці (1) передбачає послідовне виконання таких дій: визначення наявних ресурсів в поточний момент часу; обчислення затримок доступу до ресурсів при виконанні послідовності дій кожного наскрізного бізнес-процесу; прийняття рішень про зупинку або запуск окремих наскрізних бізнес-процесів з тим, щоб мінімізувати сумарний час очікування ресурсів множини наскрізних бізнес-процесів.

Запропонована концепція прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами дозволяє реалізувати наступні можливості:

- планування послідовності дій наскрізного бізнес-процесу в масштабах всього підприємства, що зменшує вплив керівників підрозділів на ефективність процесного управління;
- можливість підвищення ефективності діяльності підприємства на основі моделювання не лише окремих бізнес-процесів, а й взаємодії системи наскрізних процесів; незатребувані процеси можуть бути тимчасово відключені системою процесного управління;
- зменшення витрат часу на вертикальну взаємодію між виконавцями та їх керівництвом на рівні підрозділів внаслідок того, що власник процесу відповідає за його реалізацію у різних підрозділах.

Подальша деталізація запропонованої в даному підрозділі концепції потребує детального розгляду моделі наскрізного бізнес-процесу.

## **Узагальнення процесної архітектури підприємства з виділенням структурних та наскрізних бізнес-процесів**

Необхідною умовою реалізації концепції двоконтурного управління є побудова системи бізнес-процесів підприємства. Така система містить у собі моделі всіх взаємопов'язаних бізнес-процесів. Процесні моделі розділяють за функціональною та структурною ознаками.

При виділенні бізнес-процесів за функціональною ознакою розглядають життєвий цикл продукції або послуг підприємства та встановлюють види діяльності, які необхідні для реалізації такого життєвого циклу. На основі необхідних видів діяльності встановлюють категорії бізнес-процесів, що вирішують функціональні задачі підприємства – тобто задачі виробництва продукції, маркетингу, управління персоналом тощо.

У відповідності до другої ознаки доцільно виділити такі види структур бізнес-процесу:

- аморфна, що відповідає недокументованим бізнес-процесам в системах колективної роботи;
- workflow-подібна, що апріорно задана на етапі проектування у відповідності до вимог, які визначаються організаційною структурою та/або технологіями, що використовуються в процесі виробництва товарів та надання послуг;
- гнучка структура, яка змінюється внаслідок дій співробітників; виконавці коригують апріорно відому послідовність виконання процесу у відповідності до своїх знань та досвіду з урахуванням поточного стану зовнішнього середовища бізнес-процесів.

Бізнес-процеси з апріорно заданою структурою можуть бути визначені з урахуванням меж підрозділів, в яких вони виконуються. Однак, виділення бізнес-процесів по межах підрозділів має практичне значення для процесів, що виконуються переважно в цих підрозділах. Наприклад, адміністративні та допоміжні процеси у більшості випадків є локалізованими, що і дозволяє обмежити їх відповідними відділами підприємства. Такі процеси у подальшому називатимемо структурними.

Наскрізними є бізнес-процеси з апріорно заданою структурою, при визначенні входів та виходів яких не розглядається організаційна структура підприємства.

Наскрізні бізнес-процеси доцільно розділити на локальні та глобальні.

Відмінності між структурними та локальними наскрізними бізнес-процесами з одного боку, а також глобальними наскрізними з іншого пов'язані з тим, що в них різні користувачі. При цьому, користувачі бізнес-процесів розділяються на внутрішніх (співробітників того ж підприємства) та зовнішніх – з інших організацій.

Результати роботи процесу для внутрішніх користувачів відповідають, як правило, результатам роботи відповідного відділу або декількох (незначної кількості) підрозділів. Тому межі процесів з внутрішніми користувачами

доцільно визначати по границях підрозділів. Це дозволяє спростити розподіл відповідальності між керівниками підрозділів та власниками процесів, оскільки ці обов'язки може виконувати одна й та ж персона.

Для глобальних наскрізних бізнес-процесів із зовнішніми користувачами межі підрозділів не враховуються, оскільки в даному випадку необхідно побудувати наскрізний ланцюжок дій, що виконуються співробітниками різних підрозділів. Такий ланцюжок дозволяє з максимальною ефективністю, без традиційних адміністративних завад, задовольнити потреби зовнішнього користувача.

При побудові таких процесів необхідно враховувати потреби у ресурсах, що належать відповідним цехам та відділам, а також конкурування наскрізних бізнес-процесів при доступі до ресурсів. Побудові моделей таких процесів і присвячено даний підрозділ. В подальшому терміни «глобальні наскрізні бізнес-процеси» та «наскрізні бізнес-процеси» розглядатимемо як синоніми.

Метою побудови системи бізнес-процесів підприємства є упорядкування її діяльності на рівні процесів. Формування ієрархії процесів з виділенням їх меж дає можливість визначити (та розділити в разі потреби) зони відповідальності керівників як власників бізнес-процесів. В результаті може бути організоване оперативне керівництво бізнес-процесами навіть у випадку недостатньо детального опису самих бізнес-процесів.

Досвід оперативного управління такими процесами дозволяє ітеративно уточнити та регламентувати їх виконання, а потім автоматизувати вказані бізнес-процеси. При удосконаленні бізнес-процесів існуючі їх моделі доцільно розглядати як прецеденти, оскільки вони містять опис вирішення задачі в минулому. Модифікація таких прецедентів може бути виконана шляхом порівняння їх цільової поведінки (відомої з моделі) та реальної поведінки, яка може бути отримана на основі аналіз журналів реєстрації подій.

Традиційно при побудові системи бізнес-процесів використовуються ряд підходів, що базуються на використанні організаційної структури, відмінностей продукції та послуг, компетенцій, створення цінностей, тощо. Вибір підходу впливає на визначення входів та виходів процесів і, відповідно, на опис їх подальшої структури. Це потребує стисненого розгляду таких підходів.

При побудові процесної архітектури підприємства використовуються такі підходи: структурний; продуктовий; наскрізний; компонентний; на основі ланцюжка створення цінностей, а також їх комбінації. В таблиці 1 наведено порівняльну характеристику цих підходів з точки зору реалізації запропонованої концепції управління наскрізними бізнес-процесами

Кожний з наведених в табл. 1 підходів направлений на побудову підмножини можливих рівнів процесної архітектури. Наведені в таблиці дані дозволяють зробити наступні висновки:

По-перше, повна системи бізнес-процесів підприємства повинна містити у собі як локальні, так і наскрізні бізнес-процеси.

Таблиця 1 – Методи побудови системи бізнес процесів підприємства

Метод	Особливості	Бізнес-процеси	Особливості управління
Структурний	Процеси визначаються по межах структурних підрозділів	Локальні, на рівні підрозділів	Процеси будуються «під виконавців», що утруднює автоматизацію управління сукупністю бізнес-процесів
Продуктовий	Будуються процеси виробництва продукції та надання послуг з урахуванням технологій, що використовують на підприємстві	Переважно локальні, в окремих випадках наскрізні	Систему управління необхідно повністю перебудувати при зміні продукції/послуг
Наскрізний	«Пласка» схема наскрізних процесів (максимум 2-3 рівня ієрархії) без урахування організаційної структури	Наскрізні	Зв'язки між процесами у вигляді «блюда спагеті», що ускладнює автоматизацію управління бізнес-процесами
Компонентний	На основі компетенцій підприємства та рівнів управління створюється ієрархічна схема з груп ключових процесів	Наскрізні, локальні	Управління виконується на декількох рівнях у відповідності до рівня групи процесів у загальній ієрархії
На основі ланцюжка створення цінностей	Ієрархія процесів з більшою деталізацією на нижніх рівнях	Наскрізні процеси на нижньому рівні, локальні на верхніх рівнях	На верхніх рівнях дозволяє поєднувати процесне управління з існуючою організаційною структурою; на нижньому – автоматизоване управління наскрізними бізнес-процесами

По-друге, при управлінні локальними бізнес-процесами може бути використана існуюча організаційна структура. Склад локальних процесів на даному рівні є зрозумілим для співробітників. Виконання процесів в межах підрозділів (і відповідне підпорядкування) знижує психологічні бар'єри для виконавців при впровадженні процесного підходу до управління.

По-третє, ключовими процесами, автоматизація яких забезпечує підвищення ефективності діяльності підприємства в цілому, є наскрізні бізнес-процеси. Такі бізнес-процеси є процесами нижнього рівня процесної архітектури підприємства.

Узагальнену процесну архітектуру підприємства, що відповідає наведеним висновкам, представлено на рис. 4.

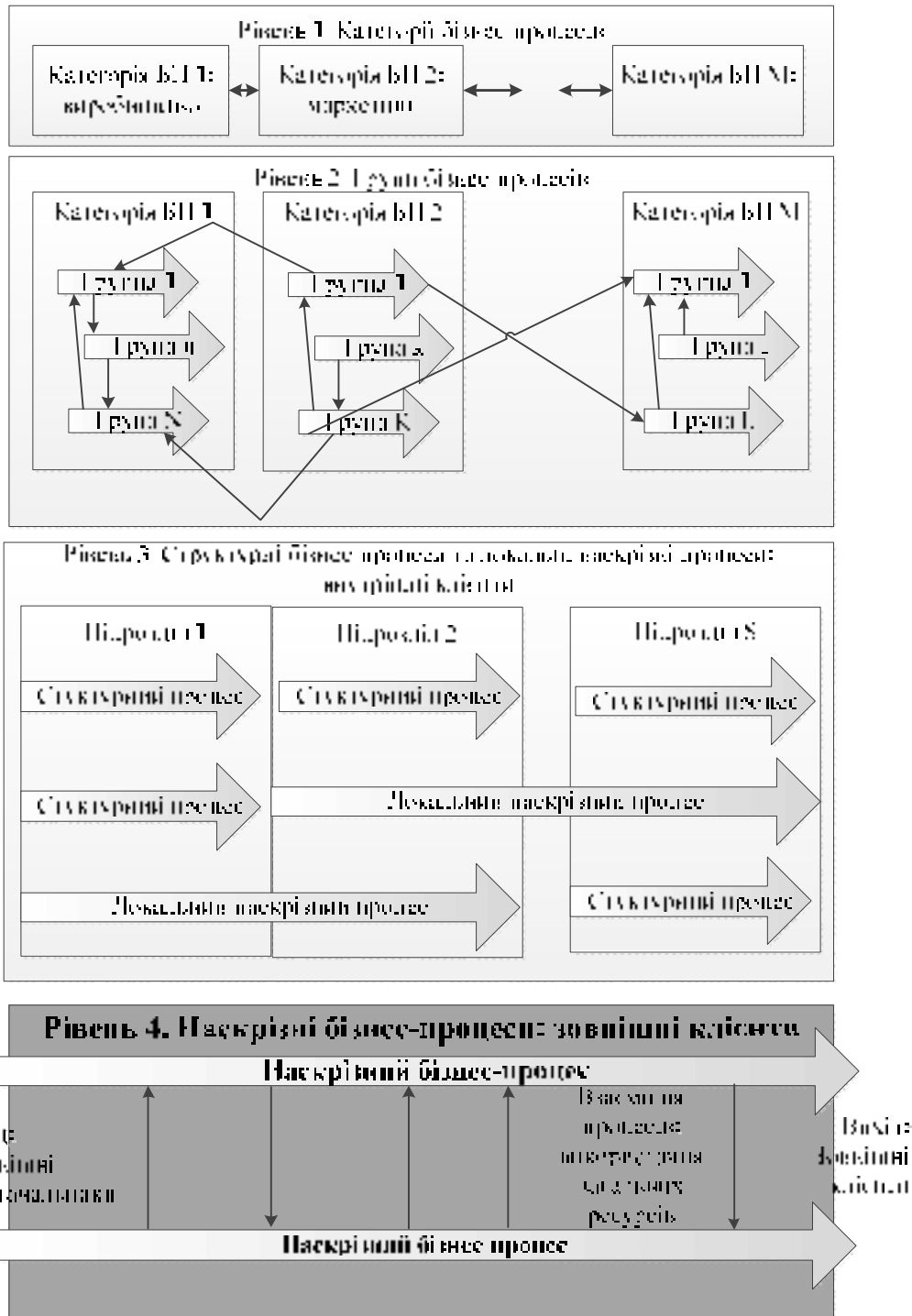


Рисунок 4 – Рівні узагальненої процесної архітектури підприємства

Дана архітектура передбачає виділення наступних рівнів опису бізнес-процесів:

- традиційних категорій процесів у відповідності до їх функціонального призначення (виробництво, маркетинг, транспортне обслуговування, сервіс, тощо);
- груп процесів в рамках визначених на першому рівні категорій з урахуванням зв'язків між цими групами;



– локальних бізнес-процесів – структурних та наскрізних, споживачами яких є співробітники підприємства; відмінність локальних наскрізних бізнес-процесів в даному випадку полягає в тому, що вони виконуються в декількох підрозділах підприємства;

– наскрізних бізнес-процесів, які інтегрують роботу декількох підрозділів та створюють цінності для зовнішнього споживача.

Відмінності структурних та наскрізних бізнес-процесів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Відмінності структурних та наскрізних бізнес процесів

Вид бізнес-процесу	Межі бізнес-процесу	Користувачі
Структурний	По межах одного підрозділу	Внутрішні
Локальний наскрізний	По межах декількох підрозділів	Внутрішні
Наскрізний	По межах підприємства в цілому	Зовнішні

З представленої процесної архітектури видно, що наскрізні бізнес-процеси – це бізнес-процеси, що створюють цінності для зовнішнього користувача. Тобто вони є ключовими в діяльності підприємства.

### Логічна модель множини наскрізних бізнес-процесів

Однак, для реалізації оперативного управління наскрізними бізнес-процесами потрібен більш детальний опис послідовностей дій для різних умов зовнішнього середовища, а також з урахуванням їх доступу до ресурсів (конкуренції за ресурси між процесами, які виконуються одночасно). У зв'язку з цим, в якості елемента прецедентного управління запропоновано *логічну модель множини наскрізних бізнес-процесів*. Модель враховує не лише набори можливих крос-функціональних послідовностей робіт, що забезпечують досягнення цілей процесів, але й необхідні для виконання цих робіт ресурси. Кожен наскрізний бізнес-процес  $Bp_i$  із множини  $BP$  реалізує дії  $p_l$ , що забезпечені ресурсами  $r_{l,k}$ :

$$Bp_i = \{Wf_i, Rl \mid \forall p_l \in Wf_i \exists \{r_{l,k}\} \subset Rs_i\}, \quad (5)$$

де  $BP$  – множина наскрізних бізнес-процесів підприємства;

$Wf_i$  – потік робіт, що визначає послідовність виконання дій наскрізного бізнес процесу  $Bp_i$ ;

$Rs_i$  – підмножина ресурсів підприємства, що використовується одним наскрізним бізнес-процесом;  $Rl$  – правила запуску або призупинення бізнес-процесу.

$\{r_{l,k}\}$  – набір ресурсів, що потрібен для виконання дії  $p_l$ .

Наведений опис моделі наскрізного процесу враховує можливі послідовності його дій  $Wf$  і не враховує організаційної структури підприємства. Особливість визначення полягає в тому, що організаційна структура задає ресурсні обмеження для виконання  $Wf$ .

Тобто з усіх можливих послідовностей дій буде вибрана лише та послідовність, яка може бути виконана за наявних ресурсів  $R_s$ .

Деталізуємо дану модель, розглянувши особливості потоку робіт  $Wf$ , а також застосування ресурсних обмежень.

На основі досліджень виконаємо узагальнення необхідних і достатніх умов для побудови workflow-опису наскрізного бізнес-процесу.

Їх суть полягає в наступному:

- процес має початковий та кінцевий стани, які відображають початок управління бізнес-процесом та отримання його результату відповідно;

- процес складається із допустимих послідовностей дій, що забезпечують досягнення локальної мети та регламентуються правилами функціонування підприємства; регламент процесу також передбачає порядок адаптації процесу, схему використання ресурсів, тощо;

- процес повторюється неодноразово та має стабільну множину допустимих послідовностей дій;

- дії процесу виконуються лише при наявності відповідних ресурсів в момент запуску дії.

Перша й друга умови є необхідними, оскільки вони визначають можливість побудови опису бізнес-процесу на основі наявних даних про діяльність підприємства.

Третя та четверта умови є достатніми, вони визначають важливість моделювання бізнес-процесу – тобто доцільність виділення в якості бізнес-процесу послідовності операцій, що виконують співробітники підприємства. Дійсно, при відсутності стабільної послідовності дій ми маємо справу з системою колективної роботи. Для побудови процесів в даному випадку потрібно використовувати методи реінжинірингу. Відсутність необхідних ресурсів робить недоцільним виконання поточного потоку робіт, та, можливо, потребує його модифікації.

Опис послідовностей дій (поток робіт, workflow) містить у собі як дії, що реалізуються засобами інформаційної системи управління підприємством, так і дії, які працівники виконують вручну. Опис задає порядок дій, у відповідності до якого дані, інформація, завдання передаються між виконавцями для реалізації заданого алгоритму роботи.

Наведені умови дозволяють визначити загальний потік робіт як диз'юнкцію можливих траєкторій виконання бізнес-процесу, за умови, що всі траєкторії мають одні й ті ж самі початкові та кінцеві стани:

$$Wf_i = wf_{1j} \vee \dots \vee wf_{ij} \vee \dots \vee wf_{lj} \mid \forall wf_{ij} \exists S^B, S^E, \quad (6)$$

де  $wf_{ij}$  –  $j$ -та траєкторія виконання бізнес-процесу;

$S^B$  – множина початкових станів бізнес-процесу;

$S^E$  – множина кінцевих станів бізнес-процесу.

Кожна траєкторія визначається як повна послідовність дій процесу, без паралельних дій та циклів:

$$wf_{i,j} = \langle p_{j,1}, p_{j,2}, \dots, p_{j,l} \dots p_{j,L} \rangle, p_{j,l} \in P, wf_{i,j} \in Wf_i, \quad (7)$$

де  $p_{j,1}$  – перша дія бізнес-процесу;

$p_{j,L}$  – фінальна дія бізнес-процесу.

При такому підході цикл розвертається як послідовність однієї й тієї ж дії процесу: а паралельне виконання – як кон'юнкція двох траєкторій, що відрізняються лише паралельними діями.

Обґрунтування вибору такого підходу до опису наскрізного бізнес-процесу полягає в тому, що він дозволяє описати як окремих процес, так і множину паралельних наскрізних процесів у вигляді набору траєкторій. Це дає можливість прогнозувати використання ресурсів лише для підмножини поточних траєкторій кожного процесу – тобто не враховувати всі можливі траєкторії і тим самим підвищити ефективність прогнозування.

Початковий стан бізнес-процесу задається через наявність виконаних умов запуску першої дії процесу на виконання. Оскільки процес може бути виконаний по різних траєкторіях, в залежності від поточних умов, то для переходу від початкового стану до виконання введемо підготовку дію. У відповідності до запропонованої моделі, початкові умови визначаються через наявність ресурсів для виконання першої дії процесу:

$$(\forall wf_{i,j}) \exists \{r_1^k\} \Leftrightarrow wf_{i,j} \models S^B, \quad (8)$$

де  $r_{1,k}$  –  $k$ -й ресурс для виконання першої дії бізнес-процесу;

символ  $\models$  визначає наявність не пустої множини  $S^B$  на траєкторії  $wf_{i,j}$ .

Результуючий порядок дій повинен відповідати прийнятим на підприємстві бізнес-правилам, які задають обмеження на виконання процесу. Такі обмеження можуть виникати внаслідок особливостей використання обладнання, особливостей взаємодії з постачальниками, сталої корпоративної культури тощо. Тому в загальному випадку будемо вважати, що у відповідності до моделі (5), бізнес-правила задають ресурсні обмеження на виконання дій бізнес-процесу. Тобто узагальнена форма умови наявності ресурсів для запуску чергової дії процесу для послідовності має вигляд:

$$(wf_{i,j}, r_l \models p_{j,l-1}) \wedge \exists \{r_{l,k}\} \Rightarrow wf_{i,j} \models p_{j,l}, l < L, \quad (9)$$

де  $r_{l,k}$  –  $k$ -й ресурс, що є необхідним для виконання дії  $p_{j,l}$ .

Процесний підхід передбачає, що при побудові моделі визначаються допустимі траєкторії виконання бізнес-процесу  $wf_{i,j}$ , а при його виконанні контролюється виконання процесу за однією з допустимих траєкторій. Тобто

загальне правило адміністрування, яке забезпечує запуск поточної дії  $p_{j,l}$  бізнес-процесу на траєкторії  $wf_{i,j}$ , має вигляд:

$$\exists \langle p_{j,1}, p_{j,2}, \dots, p_{j,l-1} \rangle \in wf_{i,j} \wedge \exists \{r_{l,k}\} \Rightarrow wf_{i,j} \models p_{j,l}, \quad (10)$$

де  $p_{j,l}$  – дія бізнес-процесу на траєкторії  $wf_{i,j}$ , яка повинна бути запущена на виконання;

$p_{j,1}, p_{j,2}, \dots, p_{j,l-1}$  – дії бізнес-процесу, що були виконані.

Досягнення мети бізнес-процесу визначається виконанням хоча б однієї з послідовностей дій  $wf_{i,j}$  із загального потоку робіт  $Wf_i$ . Ознакою завершення  $wf_{i,j}$  є виконання останньої дії з цієї послідовності:

$$wf_{i,j} \models S^E \Leftrightarrow \exists j: wf_{i,j} \models p_{j,L}, \quad (11)$$

де  $p_{i,L}$  – остання дія послідовності  $wf_i$ ;

символ  $\models$  визначає істинність формули на траєкторії  $wf_{i,j}$ .

Запропонований підхід до опису моделі бізнес-процесу як кон'юнкції workflow-траєкторій може бути розширений на множину наскрізних бізнес процесів підприємства, що виконуються паралельно та конкурують за ресурси.

Сукупність процесів характеризується множиною потоків робіт, що використовують загальні ресурси підприємства, та правилом запуску дій:

$$BP = \{Wf_j\}, Rl \mid \forall Wf_j \exists Rs_j, \cup Rs_j \neq \emptyset, \quad (12),$$

де  $BP$  – множина наскрізних бізнес-процесів підприємства;

$Wf_j$  – алгоритм дій  $j$ -го наскрізного БП;

$Rl$  – правило запуску дій;

$Rs_j$  – підмножина ресурсів підприємства, що використовується одним наскрізним процесом.

В свою чергу, на основі визначення потоків робіт при паралельному виконанні декількох процесів необхідно визначити істинність лише тих траєкторій, які реалізуються в поточних екземплярах цих процесів:

$$BP \models wf_{1,k} \vee \dots \vee wf_{j,i} \vee \dots \vee wf_{j,n}. \quad (13)$$

У відповідності до (5), та (13), при запуску дій множини бізнес-процесів застосовується те ж правило (12), що і при виконанні одного наскрізного бізнес-процесу.

## Результати дослідження

Даний підхід двоконтурного управління дає можливість узагальнити поняття «ресурси бізнес-процесу». Традиційно до ресурсів відносять об'єкти, які використовує бізнес-процес і які не змінюються при його виконанні. Однак якщо розглядати БП в контексті «дії – правила запуску дій – поточні обмеження на виконання дій», то до ресурсів доцільно віднести будь-які об'єкти, які тим чи іншим чином обмежують виконання бізнес-процесу. Це можуть бути не лише традиційна інфраструктура, обладнання, виконавці, але й сировина, матеріали, інформація, тощо.

Запропонований підхід має наступні переваги:

- координація дій різних підрозділів в рамках єдиного наскрізного процесу на основі визначення множини можливих траєкторій призводить до усунення бар'єрів між підрозділами, що сприяє зменшенню витрат часу та матеріальних витрат;

- орієнтація діяльності співробітників підрозділів підприємства на результат (виходи) наскрізного процесу, а не на звітність перед керівниками окремих підрозділів;

- передбачуваність результатів за рахунок тиражування моделей бізнес-процесів;

Реалізовані моделі наскрізних процесів можуть бути використані в якості прецедентів при організації процесного управління на нових підприємствах або в інших підрозділах транснаціональних організацій;

## Висновки

Таким чином можливо зробити наступні висновки.

1. Розроблено концепцію організаційного двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами на основі прецедентного підходу. Дана концепція передбачає використання контуру управління окремими бізнес-процесами і контуру управління множиною наскрізних процесів, які виконуються одночасно. Перший контур реалізує традиційний підхід до управління за відхиленням, відповідно до якого при відхиленні поточних параметрів процесу виконуються коригувальні та запобіжні дії. Другий контур реалізує прецедентний підхід до управління, відповідно до якого бізнес-процеси запускаються на виконання і припиняються залежно від наявності ресурсів, а також прогнозу їх використання на основі прецедентів цих процесів.

2. Відповідно до розробленої концепції, сформульована задача управління множиною наскрізних бізнес-процесів як завдання мінімізації сумарного часу очікування доступу до ресурсів множини бізнес процесів при обмеженнях на час виконання кожного процесу. Бізнес-процеси з зазначеної множини виконуються нерегулярно, можуть виконуватися одночасно і використовувати загальні ресурси.

3. Уточнено модель процесної архітектури підприємства шляхом її розподілу за рівнями ієрархії структурних, локальних наскрізних і глобальних наскрізних бізнес-процесів. Входи і виходи структурних і локальних наскрізних бізнес-процесів визначаються по межах підрозділів і їх приналежності до одного рівня. Входи і виходи наскрізних процесів визначаються по межах підприємства в цілому, що вимагає виділення для них окремого рівня ієрархії. Наведено розподіл бізнес-процесів за рівнями ієрархії, що дозволяє використовувати адаптовані елементи функціонального управління для структурних і локальних наскрізних бізнес-процесів, які забезпечують роботу наскрізних бізнес-процесів підприємства. Це дає можливість знизити витрати на перехід до процесного управління. Для наскрізних бізнес-процесів, які створюють додану вартість, можуть бути використані методи реінжинірингу і безпосереднього управління потоком робіт (workflow).

4. Отримала подальший розвиток логічна модель наскрізних бізнес-процесів шляхом визначення обмежень на їх доступність до використовуваних ресурсів при виконанні всіх процесів. Модель включає в себе представлення наскрізних бізнес-процесів у вигляді множини доступних траєкторій виконання, поточний вибір яких виконується в залежності від наявних ресурсів і прогнозу їх використання поточних бізнес-процесом і процесами-конкурентами. Модель забезпечує можливість підвищення ефективності управління наскрізними бізнес-процесами з використанням прецедентного підходу за рахунок прогнозу використання ресурсів.

#### Список літератури.

1. Chaly`j, S.F., & Levy`kin, I.V. (2017). *Metody`, modeli i informacziorny`e tekhnologii proczessnogo upravleniya poligraficheskim proizvodstvom: monografiya*. Kh.: FOP Panov A.M.
2. Chalyi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., & Bogatov, Ie. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(3(104)), 22-29.
3. Petrichenko, O., Levykin, I., & Iuriev, I. (2021). Improving a Method for Selecting Information Technology Services. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(2(110)), 32-43.
4. Chalyi, S., Levykin, I., & Guryev, I. (2020). Model and technology for prioritizing the implementation end-to-end business processes components of the green economy. *Acta Innovations*, (35), 65-80. ISSN 2300-5599.
5. Chalyi, S., Levykin, I., Petrychenko, A., & Bogatov, I. (2018). Causality-based model checking in business process management tasks. *IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies DESSERT'2018*, 453-458. doi: 10.1109/DESSERT.2018.8409176.

УДК 655.533:004.915

## ВИКОРИСТАННЯ ВИДАВНИЧОЇ СИСТЕМИ LaTeX ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІЛЮСТРАЦІЙ У НАУКОВИХ РОБОТАХ

**Влащенко Л.Г.**

заступник директора Наукової бібліотеки,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Дейнеко Ж.В.**

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Нікітенко О.М.**

к.т.н., адміністратор баз даних Наукової бібліотеки,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Результати будь-якого дослідження як наукового, так і дослідницького спрямування для кращого розуміння вимагають графічної інтерпретації. Пакети tikz та pgfplots видавничої системи LATEX за допомогою команд plot та addplot допомагають будувати графіки різноманітних функцій. Здійснено порівняльний аналіз побудови графіків за допомогою plot та addplot. Наведено приклади побудови різноманітних графічних об'єктів за допомогою пакетів tikz та pgfplots.*

***Ключові слова:** LATEX, TEX, TIKZ, PGFPLOTS, PLOT, ADDPLOT.*

### Вступ

Видавнича система LaTeX є зразком, до якого має наближатися будь-яка інша видавнича система. Таке висловлювання у тому чи іншому вигляді можна зустріти у багатьох виданнях, що присвячені опису системи LaTeX.

Отже, TeX-система надає повний контроль над структурою майбутнього документу, однак не створює ілюзій щодо того, що складні проблеми можуть бути вирішені просто: хоча перевизначені макети мають велику кількість параметрів, які слід налаштувати, створення повністю нового макета документу «з нуля» може виявитися непростою задачею й триватиме достатньо довго [1-5].

Відносно повільне розповсюдження TeX як засобу для наукових публікацій в Україні означає лише погане ознайомлення з можливостями цієї системи, здебільшого ідеальною для своєї області застосування.

Ілюстрації додають у наукову роботу для збільшення наочності матеріалу, який розглядають, та його кращого розуміння. Кількість графічного матеріалу в роботі визначають виключно доцільністю викладання.

До якості ілюстрації висувають такі вимоги:

– зображення не повинне мати спотворень, які отримано масштабуванням чи стисканням. Перевагу слід віддавати векторним зображенням перед растровими;

- під час друку зображення має бути чітким, тому слід враховувати можливості друкувального пристрою;
- креслення мають виконувати за допомогою спеціалізованих застосувань чи засобів;
- діаграми мають бути такими, що легко читаються. Тривимірні діаграми спотворюють інформацію, тому не рекомендуються;
- зображення, які сканують, повинні мати роздільну здатність, що дорівнює чи перевищує роздільну здатність друку [1].

### Мета та задачі дослідження

Під час підготовки наукових статей, звітів та збірників конференцій, існує певна і значна ніша наукових публікацій, які містять складні таблиці, формули, графіки, гістограми, що ілюструють результати наукових досліджень або іншу важливу інформацію в зручному вигляді. Метою цього дослідження є порівняння побудови графіків за допомогою команд `plot` та `addplot` пакетів `tikz` та `pgfplots` видавничої системи `LaTeX`. Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі задачі:

- продемонструвати можливості написання коду мовою `TEX` для наукових робіт різного спрямування;
- побудувати графічні залежності за допомогою команди `plot`;
- побудувати графічні залежності за допомогою команди `addplot`;
- порівняти результати побудови графічних залежностей за вище згаданими командами пакетів `tikz` та `pgfplots`.

Комбінація зазначених пакетів можна використовувати для створення високоякісної графіки за допомогою синтаксису системи `LaTeX`. `TikZ` генерує графіку на льоту, без потреби в окремих файлах для кожного зображення. Він також має дуже природний та інтуїтивно зрозумілий синтаксис

### Основна частина

Є дві принципово різні можливості роботи з графікою в документі `LaTeX`. З одного боку – це створити зображення за допомогою спеціалізованих програмних пакетів, а потім додати його в документ. З іншого боку – створити її за допомогою базового чи спеціалізованих пакетів `LaTeX`.

Створювати малюнки прямо в документі `LaTeX` дозволяє оточення **`picture`**. Це оточення має значні обмеження на значення параметрів малювання відрізків та діаметрів кіл – вони можуть набувати тільки набір певних значень. Малюнок може бути вставлений у текст документу, або сформований як окремий об'єкт.

У документ можна вставити графіки, які створені безпосередньо засобами `LaTeX`. Зі всього розмаїття графічних можливостей слід розглянути два пакети:

- **`tikz`** – пакет для програмування векторної графіки;



– **pgfplots** – доповнення до попереднього пакету для побудови графіків на основі табличних даних. Для використання базових можливостей пакетів вони мають бути підключені в преамбулі документу.

```
\usepackage{tikz}
\usepackage{pgfplots}
```

Сам графік формується в межах спеціального оточення **tikzpicture**.

```
\begin{tikzpicture}
```

Код графіка [2].

```
\end{tikzpicture}
```

Отже метою цієї роботи є огляд можливостей побудови ілюстрацій за допомогою пакетів **tikz** та **pgfplots**, зокрема команд **plot** та **addplot**.

Результати будь-якого дослідження як наукового, так і дослідницького спрямування для кращого розуміння вимагають графічної інтерпретації. Такий підхід потребує побудови графічних залежностей різного роду.

Побудова графіків функцій – одна з найважливіших задач наукового графічного редактора.

Змінну величину  $y$  називають **функцією** від змінної величини  $x$  (аргументу), якщо кожному припустимому значенню  $x$  відповідає певне значення  $y$ .

Будь-яка функціональна залежність між двома величинами може бути зображена **графіком**. Для цього на площину наносять осі координат: горизонтальна – вісь абсцис і вертикальна – вісь ординат. По осі абсцис відкладають у певному масштабі різноманітні значення аргументу  $x$  – «абсциси» різноманітних точок графіка, по осі ординат – відповідні їм значення функції  $y$  – «ординати» тих же точок графіка. Кожна пара координат, абсциса та ордината утворюють одну точку графіка.

Існує велика кількість різноманітних систем для побудови графіків функцій та візуалізації даних [1, 6, 7]. Однак, існує певна і значна ніша, в якій застосовувати PGFPlots зручно: навчальні матеріали; різноманітні звіти, від звітів про виконання лабораторної роботи до звітів про наукові роботи; найпростіша візуалізація даних тощо.

Ілюстрації додають до наукової роботи для наочності матеріалу, який викладають, та його кращого розуміння. Кількість графічного матеріалу в роботі визначають виключно доцільністю викладення.

До якості ілюстрацій висувають такі вимоги:

- зображення не повинно мати спотворень, що отримано через масштабування чи стискання. Перевагу варто надавати векторним зображенням перед растровими;

- під час друку зображення має бути чітким, тому слід враховувати можливості друкувального пристрою;

- креслення мають створювати за допомогою спеціалізованих застосунків чи засобів. Рисунки від руки, а тим більше «мишею в Paint» не дозволяються;
- діаграми мають бути такими, що легко читаються. Тривимірні діаграми спотворюють інформацію, тому не рекомендуються;
- зображення, які сканують, повинні мати роздільну здатність, що дорівнює чи перевищує роздільну здатність друку.

Існує два способи подання графіки в пам'ять комп'ютера: растровий – де зображення подають матрицею точок, з певними значеннями кольору і векторний – де зображення створюється з графічних примітивів: відрізків прямих, дуг кіл чи еліпсів, сплайнів, а також фігур, що обмежені цими кривими. В пам'яті комп'ютера при цьому зберігається набір параметрів, які задають кожен фігуру та алгоритм побудови цих кривих [7, 8].

Перевагою векторного формату перед растровим є можливість задовільного масштабування чи обертання без спотворення зображення. Тому для ілюстрацій друкованих робіт надають перевагу векторним форматам перед растровими.

У видавничій системі LaTeX існує геть інша парадигма роботи с графікою.

TeX дозволяє будувати зображення безпосередньо в тілі документа. Для цього в місці розташування ілюстрації описують сам алгоритм побудови зображення, який будується під час компіляції. Отже, LaTeX бере на себе функції графічного редактора.

Існує кілька модулів для побудови зображень.

Одним з пакетів, що активно розвивається і є зручним, є **PGF/TikZ**, що написано професором Тілем Тантау (Till Tantau), співробітником інституту теоретичної інформатики Любекського університету, у 2007 році.

Ця система має три інтерфейсних рівні:

- системний рівень (PGFSys) складають команди, які безпосередньо здійснюють вимальовування зображення. Команди цього рівня можуть використовуватися в модулях, але не в кінцевому документі. Тобто користувач не взаємодіє з цим рівнем безпосередньо;

- базовий рівень (PGF – назва PFG є аббревіатурою перших літер фрази portable graphics format (графічний формат, який переносять)) – це надбудова над системним рівнем, яка реалізує всі можливості модуля PGF/TikZ. Команди цього рівня мають TeX синтаксис і доступні користувачеві. Область застосування інтерфейсу PGF – створення нових макросів і процедур, а також взаємодія з іншими модулями. Модуль PGF підключають командою **\usepackage{pgf}**;

- рівень користувача (TikZ – це рекурсивний акронім, що розшифровують як TikZ ist kein Zeichenprogramm. TikZ не є програмою для малювання. TikZ це лише оболонка. Малює PGF) – це оболонка, що забезпечує зручний інтерфейс для кінцевого користувача. TikZ підключають за допомогою команди **\usepackage{tikz}**. Під час підключення також стають доступними всі команди PGF [1].

TikZ надає кілька різних інтерфейсів для побудови графіків.

Тут ми порівняємо команди **plot** та **addplot**, які дозволяють будувати криві та ламані за аналітично чи таблично заданими функціями. Приклади та опис параметрів взято з [1, 2, 7, 8].

## 1 Команда plot

Команда **plot** дозволяє доєднати до путі лінію чи криву, яка проходить через велику кількість точок. Ці точки або задають у простому списку точок, який читається з певного файлу, або обчислюється в реальному часі.

Існує багато потужних програм для побудови графіків функцій, наприклад, **gnuplot**, **maple** або **mathematica**.

Такі програми можуть створювати два різних типи:

– вивід повного графічного зображення у певному форматі (наприклад, pdf), який містить всі команди низького рівня, що є необхідними для того, щоб намалювати повний графік (включаючи осі координат та мітки);

– вивід простих таблиць даних у формі довгого списку координат [1-4].

Використовуючи код [3]:

```
\begin{tikzpicture}[domain=0:4]
\draw[very thin,color=gray] (-0.1,-1.1) grid (3.9,3.9);
\draw[->] (-0.2,0) -- (4.2,0) node[right] {$x$};
\draw[->] (0,-1.2) -- (0,4.2) node[above] {$f(x)$};
\draw[color=red] plot (\x,\x) node[right] {$f(x) = x$};
% \x r means to convert '\x' from degrees to _r_adians:
\draw[color=blue] plot (\x,{sin(\x r)}) node[right]
{$f(x) = \sin x$};
\draw[color=orange] plot (\x,{0.05*exp(\x)}) node[right]
{$f(x) = \frac{1}{20} \mathrm{e}^x$};
\end{tikzpicture}
```

можна побудувати графіки різноманітних функцій (рис. 1).

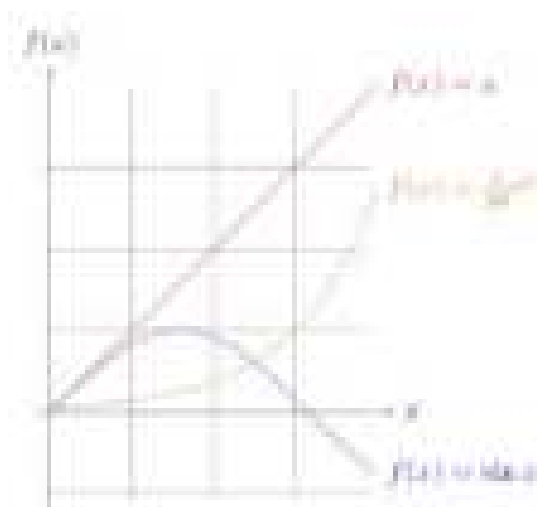


Рисунок 1 – Побудова графіків трьох функцій, заданих формулами

**TikZ** будує графіки функцій по точках. За замовчанням точки послідовно з'єднуються відрізками прямих, утворюючи ламану лінію. За допомогою параметрів примітиву **plot** можна зробити її гладкою, чи залишити лише вузлові точки.

### Побудова функції, що задано аналітично

Функції, що задано аналітично, TikZ будує у два етапи:

- спершу обчислює точки вигляду  $((x(t), y(t)))$ ;
- потім відтворює їх, за необхідності з'єднуючи відрізками.

Отже, необхідно визначити три параметри:

- ім'я змінної (variable);
- інтервал побудови графіка (domain);
- кількість вузлових точок (samples).

Змінною може бути будь-яка комбінація символів латинської абетки з початковим  $\backslash$ .

Інтервал побудови графіка задають параметром **domain** у вигляді **domain = start:end**.

Кількість чи множина вузлових точок визначає параметр **samples** в одній з наступних форм.

```
samples=value
samples at ={list of value}
```

Перша форма визначає множину рівновіддалених точок, а друга дозволяє перелічити всі вузлові точки.

Розглянемо кілька прикладів [3].

Приклад 1.1. Побудова графіка функції.

Побудувати графік функції  $y = \frac{x^2 - 3}{x^2 + 1}$  на відріжку  $[-3; 3]$  (рис. 2).

```
\begin{tikzpicture}
\draw[->] (-3.2,0) -- (3.2,0)
node[right] {$x$};
\draw[->] (0,-3.2) -- (0,3.2)
node[above] {$y$};
\draw plot[domain=-3:3,variable=\x,samples=55,smooth]
(\x, {(pow(\x,2)-3)/(pow(\x,2)+1)});
\end{tikzpicture}
\end{verbatim}
```

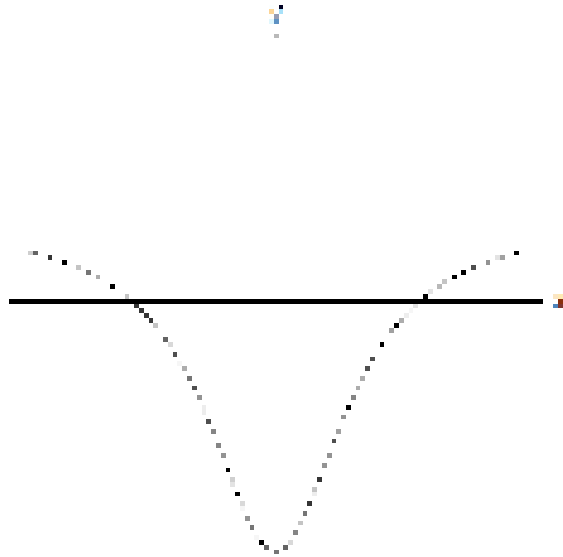


Рисунок 2 – Графік наведеної у прикладі функції

Приклад 1.2. Побудова графіка функції, що задано параметрично (рис. 3).

Дельтоїдою називають множину точок  $(x, y)$ , які задовольняють такі рівняння:

$$\begin{cases} x = 2 \cos t + \cos 2t, \\ y = 2 \sin t - \sin 2t. \end{cases}$$

```
\begin{tikzpicture}
\draw plot[domain=0:360,variable=\t, samples=360]
({2*cos(\t) + cos(2*(\t))},{2*sin(\t)
- sin(2*(\t))});
\end{tikzpicture}
```

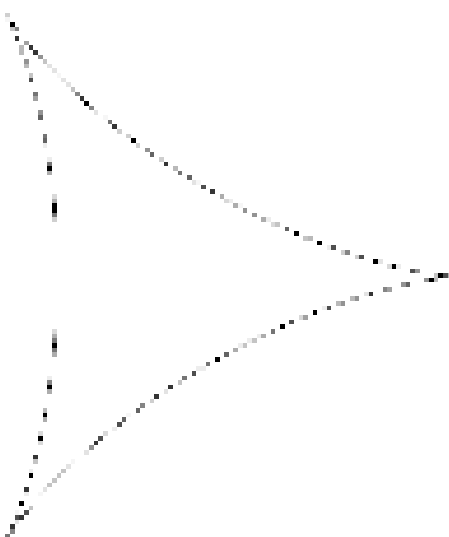


Рисунок 3 – Графік функції, наведеної у прикладі

У певних випадках **TikZ** некоректно опрацьовує довгі вирази. Уникнути цього можна, визначивши функцію за допомогою параметра **declare**.

```
declare function={ \\  

F1(value list) = expression; \\  

F2(value list) = expression; \\  

...}.
```

Приклад 1.3. Застосування визначених функцій бібліотеки TikZ (рис. 4).

```
\begin{tikzpicture}[  

% визначення функції  

declare function={  

excitation(\t,\w) = sin(\t*\w);  

noise = rnd - 0.5;  

source(\t) = excitation(\t,20) + noise;  

filter(\t) = 1 - abs(sin(mod(\t, 90)));  

speech(\t) = 1 + source(\t)*filter(\t);  

}  

]  

% побудова графіка  

\draw [thick] plot [domain=0:500,  

variable=\x, samples=501, smooth]  

({\x/100},{speech(\x)});  

\end{tikzpicture}
```

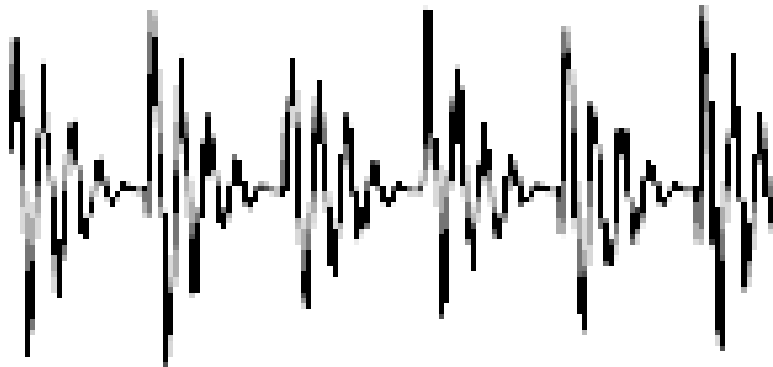


Рисунок 4 – Побудова графіку періодичної функції

Визначити функцію можна або в параметрах оточення **tikzpicture**, або в параметрах команди **\draw**.

### Побудова функції, що задано таблично

Під час наукових досліджень аналітичне зображення залежностей, що вивчають, не є відомими. Однак можна виявити певні її значення під час експериментальних досліджень. У цьому випадку ми матимемо множину експериментальних точок у вигляді таблиці

$x$	$x_1$	$x_2$	$\dots$	$x_n$
$y$	$y_1$	$y_2$	$\dots$	$y_n$

У такому випадку побудову графіка здійснює така форма примітиву **plot**

**plot[параметри побудови]**

**coordinates {(x\_1, y\_1) (x\_2, y\_2) ... (x\_n, y\_n)};**

Приклад 1.4. Побудова багатокутника розподілу (полігона).

Випадкову величину  $X$  задано законом розподілу

$x_i$	1	2	3	4	5
$y_i$	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2

Багатокутник розподілу є ламаною лінією. Через те, що ймовірність набуває значень на відрізку  $[0; 1]$ , визначимо розмір одиничного відрізка по вертикальній осі таким, що дорівнює 5 см (параметр  $y = 5\text{cm}$ )

```
begin{tikzpicture}[y=5cm]
% координатна сітка
\draw[ultra thin, color=gray] (0,0)
grid[xstep=1,ystep=0.1] (5,1);
% креслення осей
5 \draw[->] (-0.2,0) -- (5.2,0)
node[right] {$x$};
\draw[->] (0,-0.2) -- (0,1.2)
node[above] {$p$};
% нанесення шкал
\foreach \x in {0,...,5}
\draw[shift={(\x,0)}] (0pt,2pt) --
(0pt,-2pt) node[below] {\tiny $\x$};
10 \foreach \y in {0.1, 0.2, 0.4, 1}
11 \draw[shift={(0,\y)}] (2pt,0pt) --
(-2pt,0pt) node[left] {\tiny $\y$};
% Побудова багатокутника розподілу
\draw[thick] plot coordinates
{(1,0.1) (2,0.2) (3,0.4) (4,0.1)
(5,0.2)};
\end{tikzpicture}
```

Зазвичай таблицю значень формує спеціальна програма, яка фіксує результати експерименту або обчислень. Отримані значення доцільно розташовувати у файлі у вигляді таблиці. За допомогою наступного примітиву.

**plot[параметри побудови] file {ім'я файлу}**

Можна за таким файлом з визначеними параметрами, побудувати графік (рис. 5).

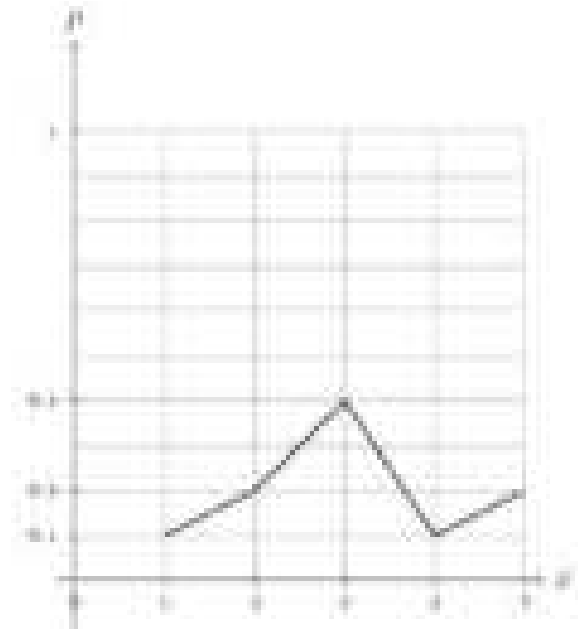


Рисунок 5 – Побудова багатокутника розподілу

Приклад 1.5. Читання даних для графіка з файлу (рис. 6.).  
Функцією Гауса називають функцію

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}.$$

У теорії ймовірностей вона є функцією щільності нормального розподілу  $N(a, \sigma)$  з математичним сподіванням  $a$  та середнім квадратичним відхиленням  $\sigma$ . Побудуємо графік щільності нормального розподілу  $N(0,1)$ .

Спершу побудуємо таблицю значень функції, наприклад, за допомогою Excel і збережемо ці результати у файлі gauss.csv.

```
\begin{tikzpicture}[y=2cm]
% Креслення осей
\draw[->] (-2.1,0) -- (2.1,0) node[right] {$x$};
\draw[->] (0,-0.05) -- (0,0.6) node[above] {$p$};
% Нанесення шкал
\foreach \x in {-2,-1,...,2}
\draw[shift={(\x,0)}] (0pt,2pt) -- (0pt,-2pt)
node[below] {\tiny $\x$};
\foreach \y in {0.1,0.2,...,0.5}
\draw[shift={(0,\y)}] (2pt,0pt) -- (-2pt,0pt);
% Побудова графіка
\draw plot[thick] file {gauss.csv} node[above] {\tiny $p=\varphi(x)$};
\end{tikzpicture}
```



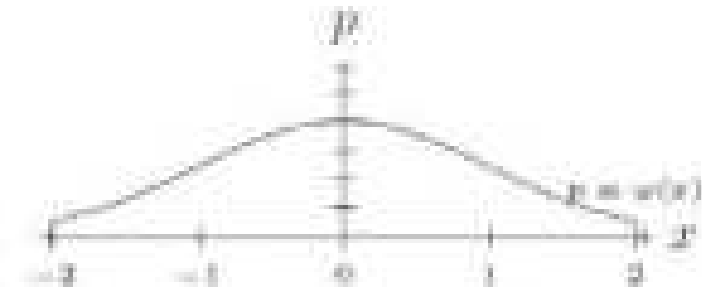


Рисунок 6 – Графік, побудований за даними із файлу

## Гістограми

**Гістограма** – це специфічний вигляд подання графіка, тому для її зображення можна використовувати примітив **plot** зі спеціальними параметрами.

- **ybar** – вертикальна стовпчикова гістограма;
- **xbar** – горизонтальна гістограма;
- **ybar interval** – вертикальна інтервальна гістограма;
- **xbar interval** – горизонтальна інтервальна гістограма.

Діаграми характеризують такими параметрами:

- **bar width = value** – ширина прямокутника;
- **bar shift = value** – зсув прямокутників для суміщення кількох діаграм;
- **color = колір** – колір межі прямокутника;
- **fill = колір** – колір заливки;
- **pattern = штрихування** – вид штрихування;
- **pattern color = колір** – колір штрихування.

Приклад 1.6. Побудова гістограми за табличними даними (табл. 1, рис. 7).

Таблиця 1 – Табличні дані

Діапазон тестових балів	Відсоток робіт з дисципліни	
	Математика	Інформатика
0 – 10	3,5 %	1,2 %
11 – 20	2,7 %	2,5 %
21 – 30	10,5 %	3,2 %
31 – 40	18,6 %	3,7 %
41 – 50	13,0 %	14,5 %
51 – 60	26,4 %	17,5 %
61 – 70	17,3 %	18,7 %
71 – 80	5,1 %	20,3 %
81 – 90	2,2 %	12,4 %
91 – 100	0,7 %	6,0 %

Відобразимо дані з математики на гістограмі.

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.125]
% координатний прямокутник
\draw (0,0) rectangle (100,30);
% нанесення шкал
```

```

\foreach \x in {0,10,...,100}
\draw[shift={(\x,0)}] (0pt,0pt) -- (0pt,-2pt)
node[below] {\tiny $\x$};
\foreach \y in {5,10,...,30}
\draw[shift={(0,\y)}] (0pt,0pt) -- (-2pt,0pt)
node[left] {\tiny $\y$};
% побудова діаграми
\draw plot[ybar interval,
color=black, fill=blue]
coordinates{
(0,3.5) (11,2.7) (21,10.5) (31,18.6) (41,13.0)
(51,26.4) (61,17.3) (71,5.1) (81,2.2) (91,0.7)
};
\end{tikzpicture}

```

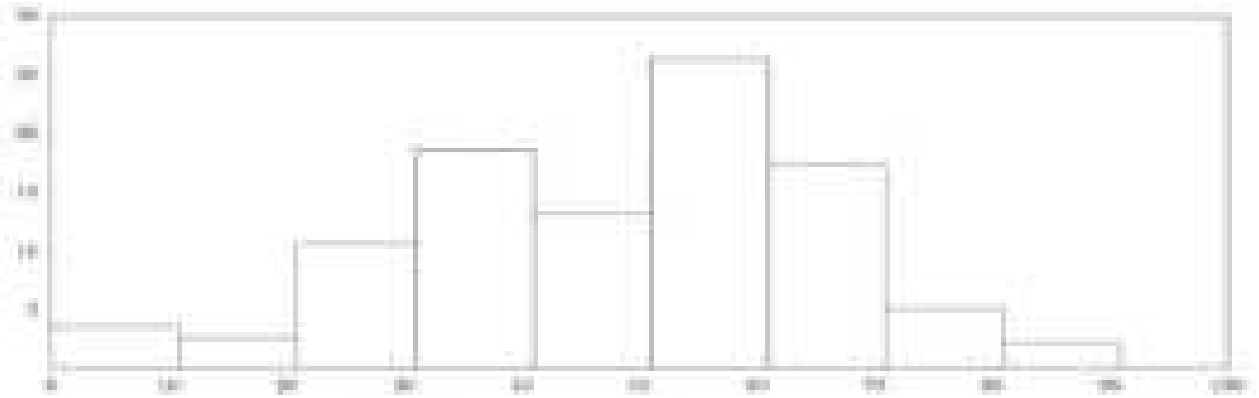


Рисунок 7 – Побудова гістограми за табличними даними

## 2 Команда `addplot`

В цьому розділі повторюються побудови з розділу Команда `plot` за допомогою команди `\addplot`.

Параметри цієї команди наведено в [2, 4].

```

\begin{tikzpicture}[domain=0:4]
\begin{axis}
[xlabel={x}, ylabel={y}, grid=major, legend pos={north west}]
\addplot +[draw=red,mark=none, ultra thick]{x};
\addlegendentry{$y=x$}
\addplot +[draw=blue,mark=none, ultra thick]{sin(deg(x))};
\addlegendentry{$y=\sin(x)$}
\addplot +[draw=orange,mark=none, ultra thick]{0.05*exp(x)};
\addlegendentry{$y=e^x$}
\end{axis}
\end{tikzpicture}

```

Будувати функції та графіки на основі математичного виразу або заданих даних в LaTeX дуже просто. Крім того, для якісної візуалізації даних на графіках необхідно створювати осі, додавати мітки та легенди та змінювати стиль графіків. Один із параметрів при визначенні функції `domain = a:b` визначає діапазон зміни даних. В наведеному вище прикладі, `domain = 0:4`, тобто область визначення функції  $[0, 4]$ . Область визначення функції не залежить від меж осей, але зазвичай для отримання графіків, які заповнюють вісь, потрібні однакові значення (рис. 8).

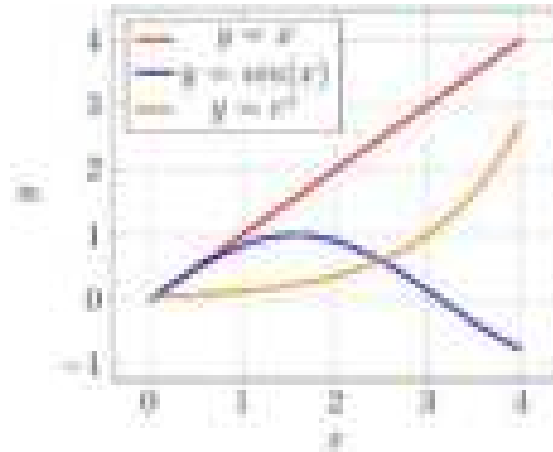


Рисунок 8 – Графіки трьох функцій, побудовані командою `\addplot`

Приклад 2.1. Побудова графіка функції.

Побудувати графік функції  $y = \frac{x^2 - 3}{x^2 + 1}$  на відрізку  $[-3; 3]$  (рис. 9).

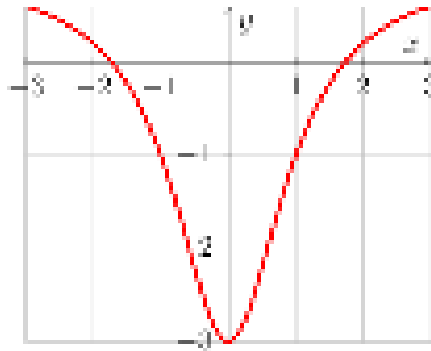


Рисунок 9 – Графік функції з використанням команди `\addplot`

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}
[xlabel={\$x\$}, ylabel={\$y\$}, axis lines=middle, grid=major,
legend pos={north west}]
\addplot+[domain=-3:3,draw=red, mark=none, smooth, ultra thick]
{(x^2-3)/(x^2+1)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

Приклад 2.2. Побудова графіка функції, що задано параметрично (рис. 10).

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}
\addplot+[domain=0:2*pi, draw=red,mark=none,smooth, ultra
thick, samples=360]
({2*cos(deg(x)) + cos(2*deg(x))},{2*sin(deg(x))- sin(2*deg(x))});
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

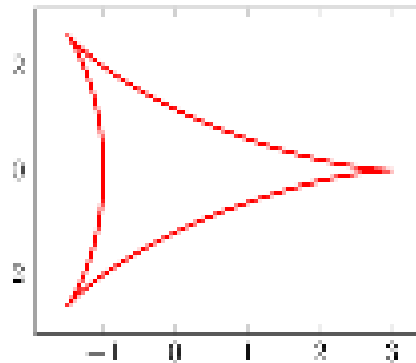


Рисунок 10 – Графік функції з використанням команди \addplot

Приклад 2.3. Застосування визначення функції (рис. 11).

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}
% побудова графіка
\addplot+[domain=0:500, samples=501, mark=none,smooth]
{
(sin(deg(0.2*x))+rnd-0.5)*(1-abs(sin(deg(mod(x/30,90))))))
};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

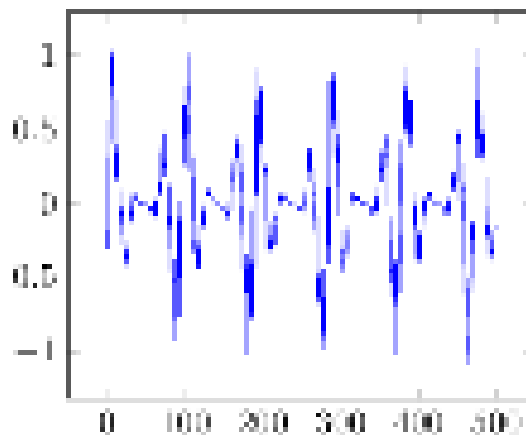


Рисунок 11 – Використання команди \addplot для побудови графіку

Приклад 2.4. Побудова багатокутника розподілу (полігонів) (рис. 12).

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[xlabel={\$x\$}, ylabel={\$p\$}, axis lines=middle, xstep=1,
ystep=0.1, grid=major, mark=none]
% задаються координати точок для побудови графіка
% координати точок задаються у форматі: (x,y)
\addplot coordinates
{(1,0.1) (2,0.2) (3,0.4) (4,0.1) (5,0.2)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

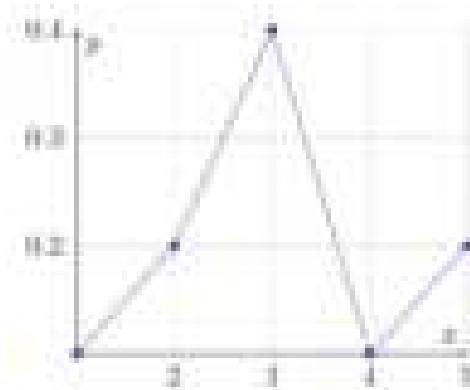


Рисунок 12 – Побудова багатокутника розподілу командою `\addplot`

Приклад 2.5. Читання даних для графіка з файлу (рис. 13).

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.9]
% задано розмір графіка height=10cm,width=10cm
\begin{axis}[xlabel={\$x\$}, ylabel={\$p\$},
axis lines=middle,grid=major,mark=none,
legend style={at={(0.5,0.2)}, anchor=north,legend columns=-1}]
]
% дані читаються з файлу gauss.csv
\addplot file {gauss.csv};
% до графіка додається легенда: Експеримент
\addlegendentry{\$p=\varphi(x)\$}
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

Застосування файлів в форматі \*.csv або визначення функції CSV (від англійської Comma-Separated Values – значення, розділені комами) – текстовий формат, призначений для представлення даних у вигляді таблиці. У таких файлах для розділення тексту на стовпчики використовується спеціальний символ – роздільник. Як роздільник, як правило, виступає кома, точка з комою або табуляція.

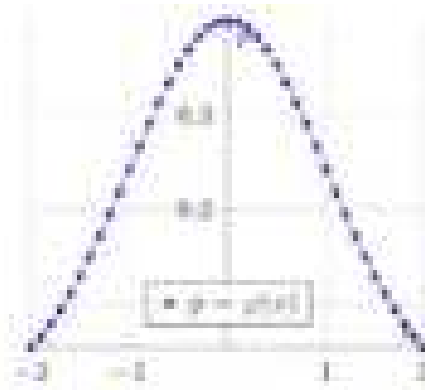


Рисунок 13 – Використання команди `\addplot` для створення графіку по даним із файлу

Приклад 2.6. Побудова гістограми (рис. 14).

```
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[ybar interval,width=15cm]
\addplot
coordinates {(0,3.5) (11,2.7) (21,10.5) (31,18.6) (41,13.0)
(51,26.4) (61,17.3) (71,5.1) (81,2.2) (91,0.7)};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

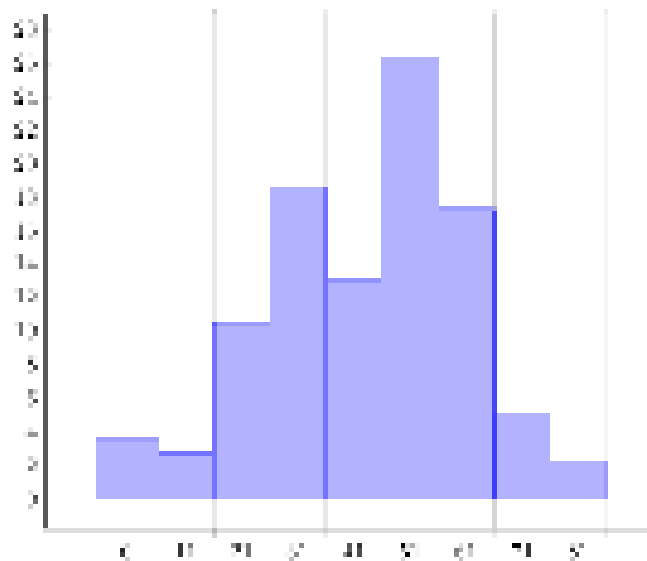


Рисунок 14 – Побудова гістограми з використанням команди `\addplot`

### Деякі інші застосування пакету `tikz`

Візуальне пояснення теореми Піфагора представлено наступним кодом (рис. 15).

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.75]
\fill[left color=blue, right color=yellow]
(0,0) -- node[below=3pt] {$a$} (4,0) --
node[right=5pt] {$b$} (4,3) --
cycle node[midway,above,sloped] {$c=\sqrt{a^2+b^2}$};
```

```

\node[below left] at (0,0) {\color{blue}$B$};
\node[below right] at (4,0) {\color{blue}$C$};
\node[above right] at (4,3) {\color{blue}$A$};
\end{tikzpicture}

```

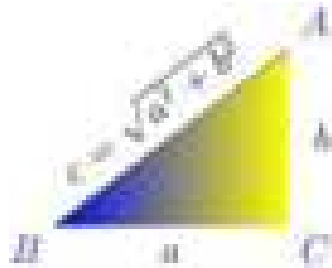


Рисунок 15 – Графічне представлення теореми Піфагора

### Геометрична інтерпретація квадрата суми

Квадрат суми двох чисел дорівнює квадрату першого числа плюс подвоєний добуток першого числа на друге плюс квадрат другого числа. З правила випливає, що загальна формула квадрата суми, без проміжних перетворень, матиме такий вигляд:  $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$  (рис. 16).

```

\begin{tikzpicture}
\fill[red] (0,0) rectangle (3,3);
\fill[blue] (3,3) rectangle (4,4);
\fill[green] (0,3) rectangle (3,4);
\fill[green] (3,0) rectangle (4,3);
\path (0,0) -- node[left] {$a$} (0,3) -- node[left] {$b$} (0,4);
\path (0,0) -- node[below=3pt] {$a$} (3,0) -- node[below] {$b$} (4,0);
\node[circle,fill=white,inner sep=2pt]
at (1.5,1.5) {$a^2$};
\node[circle,fill=white,inner sep=2pt]
at (3.5,3.5) {$b^2$};
\node[ellipse,fill=white,inner sep=2pt]
at (1.5,3.5) {$a \cdot b$};
\node[ellipse,fill=white,inner sep=2pt,rotate=90]
at (3.5,1.5) {$a \cdot b$};
\end{tikzpicture}

```

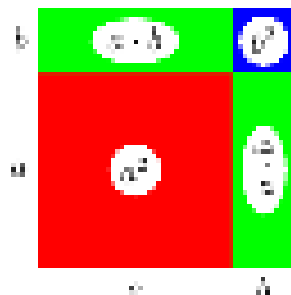


Рисунок 16 – Графічна інтерпретація квадрата суми

## Висновки

Розглянуто можливості побудови графіків функцій за допомогою двох команд з пакету tikz – plot та addplot. Проведено порівняння роботи цих команд для побудови різноманітних графічних зображень, які зустрічаються у наукових публікаціях. У результаті порівняння їхньої роботи виявлено, що команда addplot є гнучкішою за команду plot. Наведено додаткові можливості побудови ілюстрацій, які не є функціональними залежностями.

Список літератури.

1. Нікітенко, О.М. (2021). LaTeX в дії. Рекомендації з використання видавничої системи LATEX для студентів, науковців, викладачів. Харків: ХНУРЕ.
2. Грищенко, Т.Б., Дейнеко, Ж.В., & Нікітенко, О.М. (2019). Використання системи LaTeX під час підготовки наукових публікацій. PRINT, MULTIMEDIA & WEB: тези доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф. (14-17 травня 2019, м. Харків). Т. 1, 96-99.
3. Tantau, T. (2015). The TikZ and PGF Packages. Manual for version 3.0.1a. Institut fur Theoretische In-formatik Universitat zu Lubeck. <http://elib.ict.nsc.ru/jspui/handle/ICT/1487/1/pgfma-nual.pdf>.
4. Orobinskyi, P., Deineko, Z., & Lyashenko, V. (2020). Comparative Characteristics of Filtration Methods in the Processing of Medical Images. American Journal of Engineering Research, 9(4), 20-25.
5. Deineko, Z., Zeleniy, O., Lyashenko, V., & Tabakova, I. (2021). Color space image as a factor in the choice of its processing technology. Abstracts of I International scientific-practical conference «Problems of modern science and practice» (September 21-24, 2021). Boston, USA, 389-394.
6. Lyashenko, V., Deineko, Z., Zeleniy, O., & Tabakova, I. (2021). Wavelet ideology as a universal tool for data processing and analysis: some application examples. International Journal of Academic Information Systems Research (IJASIR), 5(9), 25-30.
7. Нікітенко, О.М., Дейнеко, Ж.В., & Грищенко, Т.Б. (2021). Дослідження переваг застосування графіків у системі LaTeX при оформленні наукових праць. Актуальні проблеми теорії керуючих систем у комп'ютерних науках: праці науково-практичної конференції (21-24 грудня 2021 р. Слов'янськ), 79-84.
8. Грищенко, Т.Б., Нікітенко, О.М., Дейнеко, Ж.В. (2021). Створення електронних підручників засобами видавничої системи LaTeX. У В.П. Ткаченко, О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова (Ред.), Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: колективна монографія (с. 80-96). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».



УДК 159.93

## ОСОБЛИВОСТІ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ НА ФАБРИЦІ ФЛЕКСОГРАФСЬКОГО ДРУКУ «НАРГУС»

**Чеботарьова І.Б.**

ст.викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Яценко Л.О.**

ст.викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** В роботі детально розглянуті особливості основних технологічних процесів відтворення кольору на діючому флексографічному підприємстві ТОВ «Наргус». Для підвищення якості кольоровідтворення на невбираючих матеріалах здійснено аналіз браку на підприємстві «Наргус» та розроблено пропозиції щодо його усунення. Також проаналізовано нормативно-технічну документацією, яка використовується на поліграфічному підприємстві, етапи і стадії розробки друкованої продукції, особливості додрукарської підготовки і виготовлення флексоформ та визначено фактори, які впливають на якість друку. За результатами дослідження розроблена методика вибору флексографських форм для друкування на невбираючих матеріалах і методика підвищення швидкості підбору фарби та рекомендації щодо її застосування.*

***Ключові слова:** ФЛЕКСОГРАФСЬКИЙ ДРУК, ДРУКАРСЬКА ФОРМА, КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ, НЕВБИРАЮЧІ МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ, ПІДБОР ФАРБИ.*

### Вступ

Технологія флексографічного друку набирає все більше замовників у сфері друку гнучкої рулонної упаковки. Завдяки точному відтворенні кольору, стійкому зносу флексографічних форм, гнучкому налаштуванню обладнання – надає замовникам повну свободу керування процесу. Але з розвитком флексографії, створюються нові стандарти, які більш жорсткіші від тих що були.

Насамперед це стосується відтворення кольору під час друку будь-якого накладу. Замовник бажає незмінність кольору від накладу до накладу, щоб заохочувати замовників і відповідати технологічним стандартам, вдосконалюється як саме друкарське обладнання так і спосіб контролю кольору. За стандартом ISO 12647-2 від 2013 року, відхилення кольору за  $dE_{2000}$  повинно складати не більше 5. Виходячи з цього, підготовка фарби та її корекція – найважливіші процеси на друкарському підприємстві, оскільки саме на ці процеси припадає найбільше витраченого часу і матеріалів. Несерйозне ставлення до даної проблеми призводить до великої кількості браку, що в свою чергу веде до збитків і поганого іміджу підприємства перед замовниками.

Все це обумовило актуальність роботи – дослідження особливостей кольоровідтворення на підприємстві ТОВ «Наргус» та виявлення факторів, які впливають на якість флексодруку. Дослідження основних етапів виробництва

гнучкого пакування на різних матеріалах в умовах діючого підприємства дозволить виявити основні проблеми щодо кольоровідтворення. Використання апаратних та програмних засобів забезпечить повне дослідження відтворення кольору на друкарському виробництві. Детальне дослідження додрукарської підготовки продукції та технологій виготовлення флексоформ дозволить виявити основні фактори, які впливають на кінцеву якість продукції.

### **Мета та задачі дослідження.**

Мета роботи – аналіз особливостей відтворення кольору на флексографічному підприємстві «Наргус».

Об'єкт дослідження – основні етапи відтворення кольору на підприємстві ТОВ «Наргус»; пантонні фарби, підготовлені до друку накладу; причини виникнення браку на підприємстві; технології виготовлення флексоформ; особливості флексодруку на невбираючих матеріалах.

Завдання роботи передбачає таку послідовність дій:

- ознайомлення з найважливішими технологічними процесами відтворення кольору на флексографічному підприємстві;
- дослідження властивостей фарби на надрукованому матеріалі;
- аналіз браку на підприємстві «Наргус» та пропозиції щодо його усунення;
- ознайомлення з нормативно-технічною документацією флексографічного виробництва, етапами і стадіями розробки друкованої продукції;
- дослідження особливостей додрукарської підготовки і виготовлення флексоформ, та визначення факторів, які впливають на якість друку;
- розробка методики вибору флексографських форм для друкування на невбираючих матеріалах
- дослідження особливостей відтворення кольору в умовах діючого поліграфічного підприємства ТОВ «Наргус»;
- розробка методики підвищення швидкості підбору фарби та рекомендації щодо її застосування.

### **Основна частина**

#### **1 Аналіз процесу контролю якості на підприємстві**

Під час аналізу світового ринку поліграфічної продукції друкування пакувань залишається єдиною галуззю, де спостерігається деяке зростання (на 3,3% в рік), в цей сегмент входять коробки, етикетки, гнучкі пакування [1, 2]. Пандемія вплинула на обсяги виробництва упаковки в набагато меншому ступені ніж на випуск книжково-журнальної продукції, рекламної продукції та оперативної поліграфії. Згідно з даними дослідження «Майбутнє друку упаковки до 2025 г.», проведеного агентством Smithers, ринок друку упаковок та етикеток на кінець 2020 року досяг 431,6 млрд дол. Не дивлячись на

карантин, світовий ринок друкування упаковок буде в середньому зростати на 2,6% і до 2025 р досягне обсягу 491,1 млрд [3].

Харківська фабрика флексографського друку «Наргус» – це сучасне високотехнологічне підприємство з виробництва гнучкої упаковки для харчової, фармацевтичної, хімічної та інших галузей промисловості, одне з провідних на українському ринку виробників упаковки [4]. Щорічно, підприємство «Наргус» випускає більше ста тисяч тон готової продукції. Відповідно такому великому обсягу продукції, підприємство намагається максимально контролювати якість продукції, що випускається. Згідно до цього, для підприємства, були поставлені такі цілі:

- постійно удосконалювати технологію виробництва, виконувати вимоги замовників та перевершувати їхні сподівання;
- проводити оптимізацію виробничих процесів і зниження витрат;
- вдосконалювати компетентність персоналу, проводити аудити з підвищення кваліфікації.

Завдяки дотриманню поставлених цілей, підприємство знижує відсоток браку продукції тим самим підвищує свої прибутки. Контроль готової продукції здійснюється відповідно до нормативно-технічної документації з оформленням Паспортів якості. Для контролю готової продукції різних характеристик матеріалів, лабораторія з контролю якості володіє такими приладами: прилад для тестування плівок на розрив; тестер для підбору оптимальних режимів пайки; термошафа; електронні ваги; мікрометри, тощо.

Також на підприємстві проводиться контроль напівфабрикатів на кожній стадії виробничого процесу:

- контроль додрукарської підготовки оригінал-макетів;
- контроль плівок для виготовлення фотополімерних друкарських форм;
- контроль фотополімерних друкарських форм;
- контроль виготовлення напівфабрикатів.

Завдяки такому жорсткому контролю продукції, підприємство намагається якнайбільше уникати браку продукції, але не зважаючи на це – повністю уникнути браку неможливо. Це пов'язано з великою кількістю параметрів. Дефекти, що призводять до браку продукції існують як на готовій продукції так і на напівфабрикатах. Тому було звернено до відділу з контролю якості для збору інформації щодо дефектів, які викликають брак продукції.

Серед проблем, які найбільш часто зустрічаються при флексографічному друці можна виділити такі [5]:

- а) проблеми взаємодії фарби з підложкою. Фарби в цьому виді друку мають відносно низьку в'язкість, що призводить до високого вбирання до висихання, отже, втрати насиченості друку. Тому найкращою для флексографічного друкування стає УФ-фарба. Її переваги пов'язані з миттєвим затвердінням і відсутністю органічних розчинників;

б) втрата контрастності на відбитку. найбільш важлива проблема, яка пов'язана з тим, що флексографські друкарські форми будучи еластичними, сприяють появі ефекту «розтискування» і як наслідок відбиток втрачає контрастність.

Необхідними умовами якості стає застосування друкарських форм, що забезпечують мінімальне збільшення тону. На сьогоднішній день стає необхідним підвищення якості друку на невбираючих матеріалах. Таких, як плівки та ламіновані папери, тому що це найбільш популярні матеріали на споживчому ринку етикетки і упаковки. У зв'язку з цим актуальною задачею є обґрунтування методології вибору форм флексографічного друку, а також вибір оптимального обладнання для їх виробництва.

## 2 Основні дефекти, виявлені на виробництві

На формування градаційних характеристик у флексографському друкарському процесі впливає цілий ряд факторів:

- параметри друкарської форми (тип матеріалу, товщина, жорсткість);
- кріплення друкарських форм на формні вали друкарської машини за допомогою двосторонньої липкої демпфируючої стрічки додатково усереднює тиск в друкованій парі;
- характеристики друкарського процесу (тиск, швидкість, температура сушильного пристрою);
- характеристики анілоксового вала (передана кількість фарби);
- фізико-хімічні та технологічні властивості друкарських фарб;
- тип і властивості процесу задруковування матеріалу (адгезійно-когезійна взаємодія з друкарською фарбою, активація поверхні для полімерних плівок, коронація поверхні тощо) [5].

Проте, якість кінцевої флексографічної продукції в більшій мірі безпосередньо визначається підготовкою до друку, тобто особливостями додрукарської підготовки та правильним вибором фотополімерної форми.

За даними проведених досліджень на підприємстві ТОВ «Наргус» виявлено основні чинники, які приводять до браку продукції (рис. 1).

Аналізуючи цю статистику, ми бачимо, що найбільший відсоток – це проблеми деламінації (розшарування через фарбу, клей, матеріал тощо). І майже стільки ж (25%) дефект кліше (бульбашки на кліші, поганий засвіт, побито озоном).

Ще 20% це проблеми технології DigiCap (видні смуги мікрорастрування, іноді забирається збільшенням наносу, іноді кліше не підходить під вид робіт). Ще 25 % це проблеми з кольоровідтворення, пов'язані з різними причинами, наприклад перенесення білої фарби (різний склад білої фарби від партії до партії; при друкуванні на темних фонах наявність «вікон» білої задруківки та інше) – 10%, та невідповідність профілю теж – 10%, а ще 5% – це помилки

кольороподілу, матеріалу, фарби, друкарі не виконують вимог технолога і т.д. Це дуже показна статистика, яка відповідає реальному виробництву.

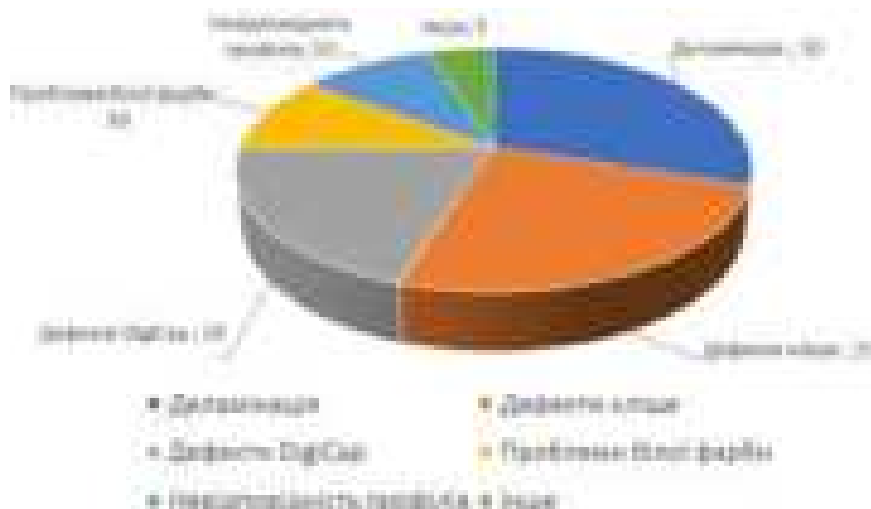


Рисунок 1 – Статистика браку на підприємстві «Наргус»

Аналіз наведених даних показує, що майже половина браку (45 %) пов'язана з друкарськими формами (технологіями їх виготовлення, растрування та обраними фотополімерами). Правильний вибір додрукарських технологій та матеріалів для виготовлення друкарських форм значно знизить процент браку кінцевої продукції. Тому цей етап потребує детального дослідження.

Брак продукції може з'явитися в результаті виникнення різноманітних дефектів флексоформ - кліше. Існує безліч можливих дефектів, які можуть виникнути в результаті початку друку тиражу, або на етапі додрукарської підготовки. Більшість браку які виникають у зв'язку з дефекту кліше – недостатнє експонування друкарських елементів та неправильний вибір технології виготовлення флексоформ.

Щоб зменшити кількість цього виду браку на підприємстві «Наргус», пропонується дослідити різні технології виготовлення фотополімерних форм для флексодруку на невбираючих матеріалах.

Останній розглянутий брак на друці – це не попадання кольору в рамки відхилення  $dE_{2000}$  у процесі підготовки друкарського обладнання (приладки) до друку тиражу.

Для контролю правильності кольоровідтворення після отримання першого друкованого відбитка на приладці, робиться порівняння отриманого кольору з еталоном за допомогою спектрофотометра. Вимірюється відхилення кольору  $dE_{2000}$  і відхилення координат кольору  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$ .

Результат вважається задовільним за наступними допустимим відхилення кольору, які наведені в таблиці 1.

Проблеми з відтворенням кольору на відбитку може бути вирішено завдяки стандартизації виробництва. Що і підтверджується на підприємстві «Наргус». Саме можливість стандартизувати процеси, які впливають на якість кольоровідтворення та на якість продукції в цілому і буде досліджено.

Таблиця 1 – Колориметричні допуски для тріадних та спеціальних фарб

	Чорний	Блакитний	Пурпурний	Жовтий	Pantone
Допустиме відхилення	L<5, C<3	H<6	H<6	H<6	H<8
Зміна відхилень	E <sub>2000</sub> <2	E <sub>2000</sub> <2	E <sub>2000</sub> <2	E <sub>2000</sub> <2	E <sub>2000</sub> <2

Будь-який етап підготовки макету до друку та відповідно сам процес друку на підприємстві підпорядковується внутрішнім розробленим правилам згідно досвіду та зовнішнім стандартам з друку. Тому розроблені рекомендації щодо покращання процесу кольоровідтворення можуть бути впроваджені на цьому виробництві.

У роботі розглянуті усі етапи відтворення кольору:

- розробка оригінал-макету поліграфічної продукції;
- відтворення особливостей дизайну;
- кольороподіл;
- кольоропроба;
- відтворення необхідного кольорового охоплення завдяки правильному використанню відповідної технології растровання;
- вибір правильних параметрів флексографічних фотополімерних форм та анілоксових валів;
- підготовка фарби до друку.

Для вирішення задач, поставлених в роботі, необхідна наступна експериментальна база:

- тиражі з наявністю декількох пантонів;
- різноманітні невбираючі матеріали, на яких відбуватиметься тиражний друк на підприємстві;
- пігментні фарби, які використовуються для друкування накладу;
- прободрукарський станок для прокатки фарб;
- спектрофотометр;
- цифровий мікроскоп;
- програмне забезпечення для обчислення оптичних властивостей фарб;
- пантонне віяло;
- комплект тестових флексоформ.

### **3 Аналіз технологічного процесу на ТОВ «Наргус»**

#### **3.1 Технологічні інструкції з процесу флексодруку**

На всіх етапах виробництва етикетко-пакувальної продукції відбувається контроль якості для кожної стадії створення упаковок або етикеток. Сучасні підприємств перевіряють якість продукції відповідно до своїх технічних інструкцій або зведенням правил, прийнятим керівництвом.

Якість макету у великій мірі залежить від підготовки, виконаної на додрукарській стадії розробки макету. В свою чергу від характеристик

матеріалу, обладнання, фарб залежить якість друку. Якість кінцевої друкованої продукції залежить від післядрукарської обробки.

Для того, щоб аналізувати в повній мірі кольоровідтворення на підприємстві «Наргус», треба розібрати особливості технічної документації з процесу флексографічного друку [6].

За 1 годину до початку приладки тиражу, старший друкар отримує у начальника зміни: технічне завдання на друк тиражу (ТЗ); технологічну карту (ТК); зразки на приладку, завірених технологом (менеджером) або оригінал-макет (кольоропробу), завірених замовником (менеджером), зразки кольорів.

На ТК має бути присутній підпис особи, яка перевірила правильність монтажу друкарських форм на формних валах. Друкар вивчає в ТЗ і ТК інформацію, що стосується монтажу кліше, фарб і добавок до них, процесу друку, а також всі примітки і рекомендації менеджера, дизайнера, технолога. У разі, якщо друкар виявляє помилку в ТК, чи вважає, що можна зробити зміни в технології друку, що дозволяють поліпшити якість друку, він погоджує пропонувані зміни з технологом з друку (з повідомленням начальника зміни). Будь-які зміни в технічному завданні повинні бути відображені в самому ТЗ і обов'язково узгоджені з представником технічного відділу.

На друкарські секції встановлюються анілоксові і формні вали в порядку, зазначеному в технологічній карті технічного завдання. Формні вали встановлюються відповідно до напрямку друку, зазначеним у технологічній карті. Перед установкою анілоксових валів необхідно попередньо переконатися в їх чистоті.

Старший друкар контролює результат роботи колориста по підготовці до друку. Під час цього контролю перевіряються: серії фарб, лаків, праймерів, залитих в бачки для фарб; розташування фарб по секціях; правильність підключення розчинників до секцій з різними фарбами; наявність зазначених в ТК добавок в фарбах або їх відсутність; в'язкість фарб, лаків, праймерів; різні рівні визначення оптичної щільності.

Також у процесі пробного друку перевіряється адгезія фарби. Адгезія характеризує якість зчеплення фарби з поверхнею матеріалу і залежить від поверхневого натягу (активації) поверхні матеріалу і властивостей фарби. Якість адгезії визначається завдяки «скотч-тесту». У процесі друку треба витримувати 100% адгезію.

Можна зробити висновки, що процес підготовки друкарського обладнання та друк гнучкої продукції виконується за детально описаними стандартами і рекомендаціями в повній мірі. В результаті чого отримуємо продукцію без браку, яка може конкурувати з іншими підприємствами.

### 3.2 Технологічні інструкції з використанням фарб в процесі флексодруку

В процесі флексографічного друку на підприємстві «Наргус» використовуються два види фарб: готова фарба і виготовлена на «Станції змішання фарб». Фарби створені на основі сольвентно-водних фарб. На

«Станції змішання фарб» базову тріадну фарбу (без освітлювача) необхідно готувати заздалегідь і складувати біля станції. На «Станції змішання фарб» пантонна фарба виготовляється безпосередньо перед тиражом, при відсутності її на складі зворотних фарб. Якщо на новий тираж необхідний пантон, формули якого немає в «базі даних формул InkMaker», то необхідно виготовити приблизний пантон, керуючись «пантонним віялом».

Під час приладки на друкованому відбитку вимірюються оптичні щільності  $D_{opt}$  тріадних фарб: С, М, У, К. Отримані значення порівнюються зі значеннями еталонного зразка або з зазначеними в довідковій таблиці значеннями. Якщо  $D_{opt}$  відрізняються в більшу або меншу сторону від табличних значень на величину, яка перевищує  $\pm 0,05$ , фарба корегується додаванням освітлювача або більш пігментованою фарби.

### 3.3 Засоби виміральної техніки

Однією з основних задач, що належить до стандартизації підприємства, це оснащення лабораторій, дослідницьких відділів та дизайн відділів необхідним вимірвальним обладнанням.

На всіх етапах виробництва повинен бути використаний єдиний стандарт освітлення D50 (5000 K). Відбитки необхідно переглядати на спеціальних переглядових пристроях, що забезпечують рівномірне підсвічування знизу розсіяним світлом. Навколишнє освітлення повинно бути рівномірним і вдвічі менш інтенсивним, ніж освітлення в області перегляду.

На підприємстві «Наргус» біля кожної друкарської машини та в дизайн-відділі стоїть переглядовий стіл, завдяки якому можна переглядати кольоропроби за однаковими умовами освітлення у кімнаті. Переглядовий стіл Etman Color view system (рис. 2), володіє перемикачами режиму світла, що дозволяє порівняти макет дизайну при різноманітних умовах освітлення.



Рисунок 2 – Порівняння освітлення А-30 (зліва) та D50 (справа)

На підприємстві «Наргус» для обчислюється  $dE$  використовується спектрофотометр Standard eXact. Standard eXact був спеціально розроблений для друку упаковки і є провідним на ринку спектрофотометром для перевірки кольору СМУК та спеціальних кольорових фарб.



Контроль в'язкості для флексографічного друку надзвичайно важливий, тому що від в'язкості в значній мірі залежить швидкість висихання фарби, гарне сприйняття її задрукованою поверхнею, чіткість друку, відсутність забивання пробільних елементів друкарської форми. На підприємстві «Наргус» використовуються ручні віскозиметри типу ВЗП-4, призначені для визначення умовної в'язкості лакофарбувальних матеріалів та відносних до них продуктів – ньютонівських або наближених до них рідини через зміну швидкості спливання рідини і поступової конвертації часу за спеціальними таблицями або за допомогою допоміжних засобів у абсолютних одиницях виміру в'язкості. Крім того, на підприємстві існує автоматичний віскозиметр, який встановлено на друкарському обладнанні.

Спочатку колористом робиться замір в'язкості завдяки ручному віскозиметру, вже після, на друкарському обладнанні коригуються значення в'язкості фарби. Під час друку обов'язково підтримувати в'язкість фарби в певних рамках, оскільки можуть виникнути проблеми з просиханням фарби, або її налипанню на задрукованому матеріалі.

Контроль якості вже готового відбитка недостатній для забезпечення високої якості друку. Головне завдання в цьому випадку полягає в тому, щоб не допустити виходу бракованої продукції шляхом впровадження відповідних технологій, особливо на етапі додрукарської підготовки.

Одним з основних недоліків друкарського процесу у флексографії є високий приріст колірного тону. Це пов'язано з використанням низьков'язких друкарських фарб і еластичних друкарських форм. На збільшення тону під час друку впливають також і властивості формного матеріалу.

Більш точні вимірювання можна отримати з використанням спеціальних спектрофотометрів та цифрових мікроскопів. Ці прилади вимірювання також дозволяють виконувати контроль виводу фотоформ, виготовлення друкарських форм або контроль готової продукції. Нові USB-мікроскопи активно впроваджується в технологічний процес поліграфічного виробництва.

Для вимірювання параметрів друкарських форм буде використано прилад FAG FLEXi PRO, який дозволяє оцінити форму точки в тривимірному вимірюванні і визначити площу растрових точок на друкарській флексоформі (рис. 3).



Рисунок 3 – Денситометр FAG FLEX<sup>3</sup>PRO

## **4 Контроль кольоровідтворення на різних етапах виробництва на підприємстві «Наргус»**

### **4.1 Відділ додрукарської підготовки**

На підприємстві «Наргус» існує власний відділ додрукарської підготовки, де дизайнер і препрес-інженер виконують підготовку макетів до друку. Виходячи з можливостей флексографічного друку, дизайнер повинен надати концепцію дизайну, яка дозволить друкарському обладнанню видати всі очікування замовнику. Дизайнер може зв'язатися з технологом та подати запит на кольоровий профіль. Оскільки на підприємстві «Наргус» технічне завдання попадає до технолога з друку, який аналізує можливу кількість фарб у дизайні – він дає свої поради до виготовлення макету та обирає профіль матеріалу. Кольороподіл здійснюється в Adobe Illustrator та Adobe Photoshop. Також існують дорожчі аналоги програмного пакету Adobe, наприклад: Esko. Завдяки Esko препрес-інженер не повинен самостійно обирати трепінг на дизайні, автоматизований підбір розділення дизайну на тріадні кольори, тощо. У відділі розроблено рекомендації для створення макету з метою запобігання можливого браку. При бажанні замовника отримувати стабільний відтінок кольору використовують систему пантонних кольорів.

Зазвичай рекомендовано працювати тільки з офіційними профілями для стандартних умов друку, оскільки вони виступають еталонами для кольоропроби та друкарського виробництва, але у випадку з «Наргус» – навпаки потрібно використовувати власні профілі, оскільки на підприємстві існує як друкарське обладнання так і інші ланки (наприклад монітор препрес-інженера) завдяки яким настає змога стандартизувати кольоровідтворення. Використання власних профілів для кольороподілу і кольоропроби на етапах додрукарського і друкарського процесів – невід'ємна умова стандартизованого поліграфічного технічного процесу. Переваги використання власних профілей на кольоропробі – прискорена приладка і скорочення рекламаций.

Для компенсації невідповідностей кольорових охоплень оригіналу та надрукованого відбитку на підприємстві використовується система семифарбувального друку Opaltone Matching System (OMS). Вона дозволяє розширити колірне охоплення відбитків за рахунок відтворення яскравих синіх, зелених і помаранчевих кольорів, які не можна отримати при тріадному друці, а також дає можливість мінімізувати застосування сумішевих фарб. Саме при введенні у макет пантонних кольорів, принтер, що друкує кольоропробу використовує не тільки тріаду фарб, а й ще додаткові фарби для яскравості та точності відтворення пантонних кольорів. На підприємстві для кольоропроб використовують кольоропробний папір EFI Proof Paper спеціально розроблений для імітації тиражного друку. Відповідає друкарським паперам з Міжнародного стандарту ISO 12647-2, сертифіковано інститутом FOGRA. Унікальною особливістю кольоропробного паперу EFI є практично повна відсутність оптичних відбілювачів, які впливають на результати вимірювань кольору приладами, а також широкий колірний обхват.

## 4.2 Особливості виготовлення кліше

В даний час існує величезний вибір фотополімеризуючих пластин для виготовлення флексографічних форм. Підприємство «Наргус» має свій репроцентр, на якому виготовляються флексоформи, а також іноді замовляє кліше для виконання окремих робіт в ТОВ «Лазерфлекс».

На підприємстві «Наргус», для виготовлення флексографічної форми використовується технологія «Flexcel NX». Технологія застосовується для фотоформ з термочутливою багатошаровою плівкою, які розроблені компанією KODAK – KODAK Flexcel NX 830 Thermal Imaging Layer [7]. На цих фотоформах записується негативне зображення. Після запису зображень, плівку прикочують до звичайної аналогової форми за допомогою ламінатору.

Технологія «Flexcel NX» вирішує проблему окислення. Вона повністю виключає вплив кислоти на фотополімерний шар у процесі експонування. Сформоване в результаті прямого експонування зображення на фотополімері в точності повторює зображення, сформоване на плівці KODAK TIL, при цьому поверхня растрових точок має абсолютно плоску форму.

Для збільшення оптичної щільності, вимкнення «сивини» на плашках та растрах у системі «Flexcel NX» застосована інноваційна технологія растрування «Kodak DigiCap NX». Програмно-апаратна функція «DigiCap NX» формує на всій поверхні друкарської форми зернистого мікрорельєфу (5x10 мкм), підвищуючи фарбоперенос та якість друку у всіх тональних зонах, включаючи плашки. Застосування даної функції не лише забезпечує відсутність ефекту «сивини» на плашках, але і суттєво збільшує кольорове охоплення, забезпечує якісне відтворення деталей у контрастних кольорах. На підприємстві використовують дві технології растрування DigiCap (рис. 4): standart, advanced. Завдяки технології standart, растрові елементи кліше відтворюються з особливою формою конуса, що дозволяє відтворювати найскладніші растрові «розтяжки». В свою чергу, технологія advanced відтворює якнайкраще плашкові елементи, завдяки своїй особливій формі зрубленого конуса [7, 8].

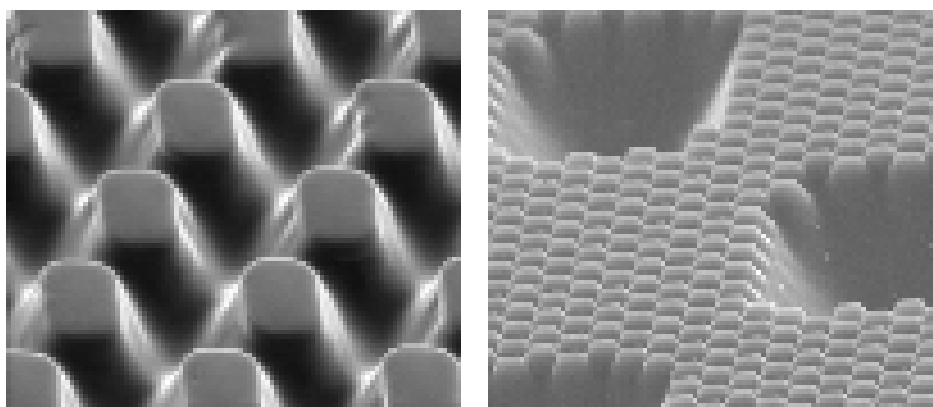


Рисунок 4 – Технології растрування advanced (зліва) та standart (справа)

Технологія KODAK NX – на даний момент неперевершена за якістю та тиражестійкістю аналогова технологія виготовлення фотополімерних друкарських форм. Дозволяє створювати форми з точкою 0,4% та лініатурою до

400 lpi. Високолінійні друккарські форми із застосуванням технології Flexcel NX дають низку переваг: швидкий прилад тиражу; можливість відтворення робіт високої складності; якість друку «плашок» можна порівняти з глибоким друком; збільшення швидкості друку тиражів до 50%; стабільна висока якість відбитків від замовлення до замовлення, від тиражу до тиражу.

Завдяки використанню різноманітних технологій растрування, підприємство намагається збільшити колірне охоплення – відтворювати більшу кількість відтінків, а отже швидше та якісніше контролювати колір на друці. Також важливим є оптимальний вибір флексоформи для конкретної продукції відповідно до матеріалу, на якому здійснюється друк та фарб, які використовуються.

#### 4.3 Методика вибору формних пластин

Для аналізу характеристик пластин була розроблена відповідна методика оптимального вибору за репродукційно-графічними і друккарсько-технологічними характеристиками з використанням методу аналізу ієрархії (МАІ). В якості критеріїв відбору пластин були визначені параметри, які найбільш пріоритетні для поліграфічних підприємств [5, 9].

##### 4.3.1 Визначення асортименту досліджуваних пластин

Асортимент пластин був звужений на підготовчому етапі. Було проведено опитування групи експертів – фахівців цього підприємства, які обрали найбільш популярні пластини за їх думкою. Під час опитування були враховані критерії: популярність у виробників; ціна; час виготовлення.

Для попереднього уточнення найбільш популярних пластин віддалася перевага методу рангу. Експерт повинен оцінити популярність за шкалою відносної значущості в діапазоні від 1 до 11 (кількість пластин, які можуть бути застосовані для друкування на невбираючих матеріалах). Потім розраховується сума набраних балів і визначаються максимальні (рис. 5).

	Критерій 1 технологія	Критерій 2 популярність	Критерій 3 пристрій/матеріал	Критерій 4 друк	Критерій 5 виготовлення	сума	РІАН
1. АС	1	2	2	1	2	8	11
2. АС	2	1	1	2	1	7	8
3. АС	3	3	3	3	3	15	10
4. АС	4	4	4	4	4	16	9
5. АС	5	5	5	5	5	25	7
6. АС	6	6	6	6	6	36	6
7. АС	7	7	7	7	7	49	5
8. АС	8	8	8	8	8	64	4
9. АС	9	9	9	9	9	81	3
10. АС	10	10	10	10	10	100	2
11. АС	11	11	11	11	11	121	1
12. АС	12	12	12	12	12	144	0

Рисунок 5 – Результати опитування щодо вибору пластин для дослідження

Для узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт конкордації,  $K_w = 0,86$ , що говорить про добру узгодженість думок експертів.

#### 4.3.2 Визначення критеріїв порівняння пластин та побудова ієрархії

Основні критерії для порівняння:

- фарбоперенос;
- еластичність (модуль пружності, МПа) або жорсткість (ShA);
- профіль крапки;
- технологія виготовлення ФПФ;
- тоновий охват (%);
- час виготовлення (години);
- ціна за 1 м.кв.

Основні альтернативи:

- ACE 114D, CtP;
- FTF 114D, CtP;
- ACE 114D, NexT C25 MC WSI\_P04\_P+;
- Kodak Flexcel NXH.

Всі пластини представлені з різними значеннями товщини. Для уточнення поставленої задачі обираємо фіксовану товщину – 1,14 мм. Вона найбільш застосовувана для виготовлення гнучких паковань, тобто для друку на тонких плівках. Відповідно, ціна та час виготовлення буде вказана саме для пластин цієї товщини.

Були також оцінені пріоритети для поліграфічних підприємств, наприклад, еластичність важливіша для споживачів, ніж набухання форми, тому що тиражі все частіше стають не об'ємними, результат еластичності видно відразу, в той час, як форма набухає від розчинників не так швидко. Фактор ціни так само важливий для споживачів, як фарбоперенос форми, тому що він оцінюється безпосередньо кінцевим замовником і впливає на привабливість кінцевої продукції. Внаслідок цього можна оцінити частку того чи іншого параметра форм в частковому співвідношенні від єдиного цілого поняття пріоритетності.

За допомогою методу МАІ здійснюється вибір формної пластини для виготовлення фотополімерної форми, призначеної для друку на тонких невбираючих матеріалах. Схема наведена на рисунку 6.

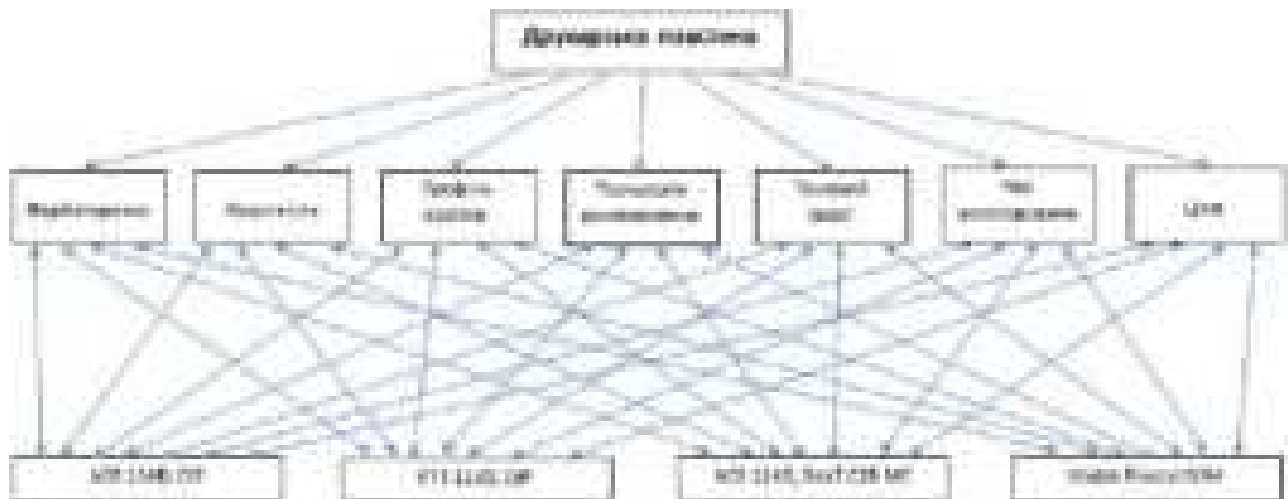


Рисунок 6 – Схема вибору формної пластини за МАІ

#### 4.3.3 Побудова матриць попарних порівнянь та їх аналіз

Розглянемо процедуру побудови матриці попарних порівнянь критеріїв.

Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня були попарно порівняні щодо елементів наступного рівня і так до вершини ієрархії. Результати порівнянь формують матрицю, де попарно порівнюють відносну важливість лівих елементів таблиці (критеріїв) з елементами (критеріями) вгорі. Кількість порівнянь, які здійснював експерт на рівні 2 становить:

$$K_{\text{порівн.}} = \frac{n(n-1)}{2}, \quad (1)$$

$$K_{\text{порівн.}} = 7(7-1)/2 = 21,$$

де  $n$  – кількість критеріїв на одному рівні.

Складаємо матрицю  $a_{ij}$  – відношення критерію  $i$  до критерію  $j$ :

$$a_{ji} = 1/a_{ij}, \quad a_{ii} = 1. \quad (4.2)$$

Матриця порівнянь наведена в табл. 2 – результати методу МАІ (рис. 7).

Таблиця 2 – Матриця та результати парних порівнянь для критеріїв

Номер рядка (i)	Критерії	Номер стовпця (j)							Вага в долях	Вага в %	Ранг
		1	2	3	4	5	6	7			
1	Фарбоперенос	1	1/3	1/5	1/3	1	9	1/5	0,103	10,27%	6
2	Жорсткість	3	1	1/5	3	1	7	1/3	0,137	13,68%	4
3	Профіль крапки	5	5	1	1	3	1/5	1	0,218	21,77%	1
4	Технологія	3	1/3	1	1	1/5	1/3	1/7	0,062	6,18%	7
5	Тоновий охват	1	1	1/3	5	1	3	1	0,131	13,11%	5
6	Час виготовлення	1/9	1/7	5	3	1/3	1	1	0,149	14,91%	3
7	Ціна	5	3	1	7	1	1	1	0,201	20,08%	2

Зробимо порівняння альтернатив за критеріями. Для цього складаємо аналогічні матриці порівняння варіантів (альтернатив) за кожним критерієм (рис. 8-11).

За результатами експертних оцінювань критеріїв склали матрицю парних порівнянь (номери рядка і стовпчика відповідають певному критерію):

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1 & 9 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/5 & 3 & 1 & 7 & 1/3 \\ 5 & 5 & 1 & 1 & 3 & 1/5 & 1 \\ 3 & 1/3 & 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/7 \\ 1 & 1 & 1/3 & 5 & 1 & 3 & 1 \\ 1/9 & 1/7 & 5 & 3 & 1/3 & 1 & 1 \\ 5 & 3 & 1 & 7 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Зробимо аналіз матриць. Після формування матриці парних порівнянь за всіма критеріями визначили власний вектор матриці. Перевірили узгодженість матриці за допомогою її власного числа, оскільки власний вектор забезпечує впорядкування пріоритетів, а власне значення є мірою узгодженості оцінок.

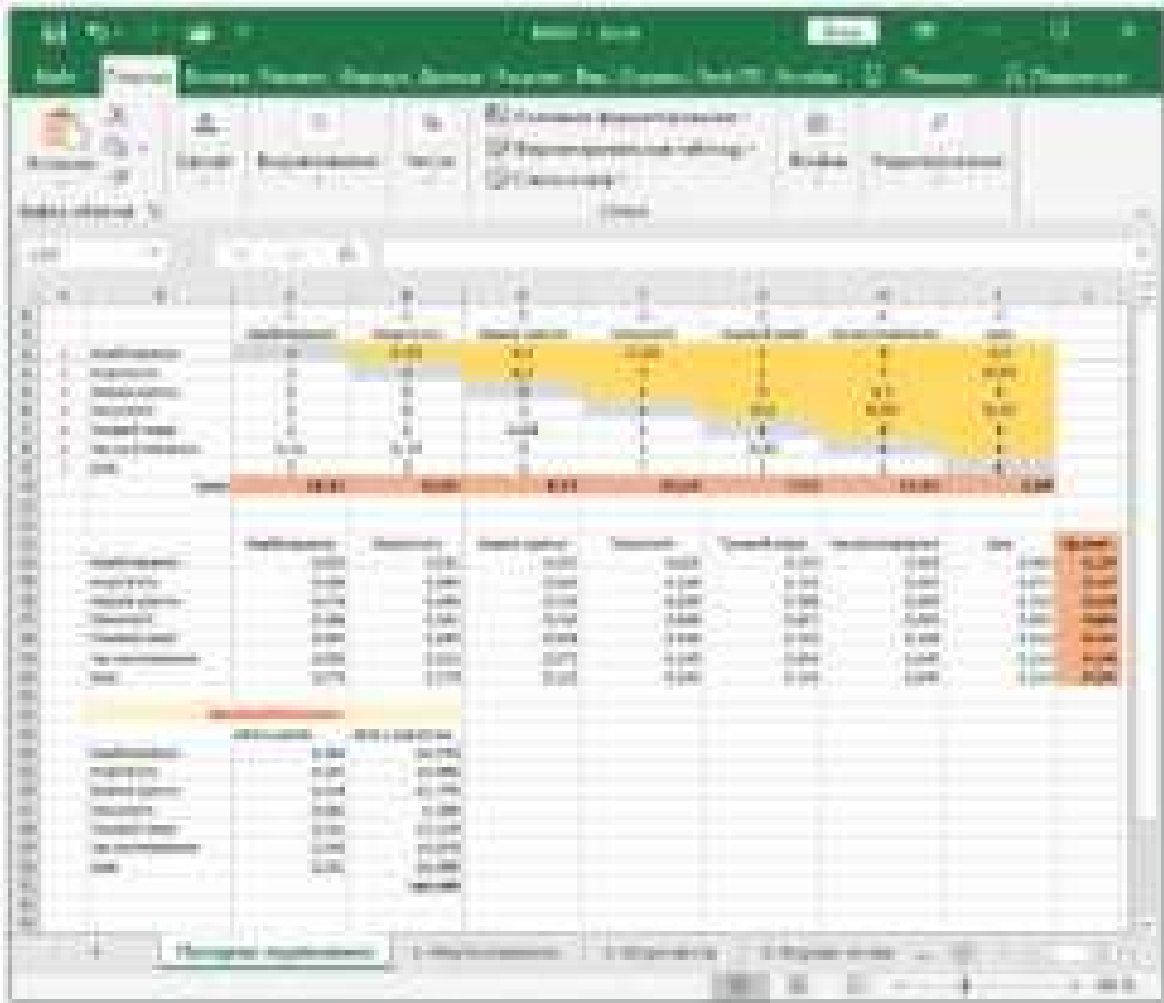


Рисунок 7 – Попарне порівняння

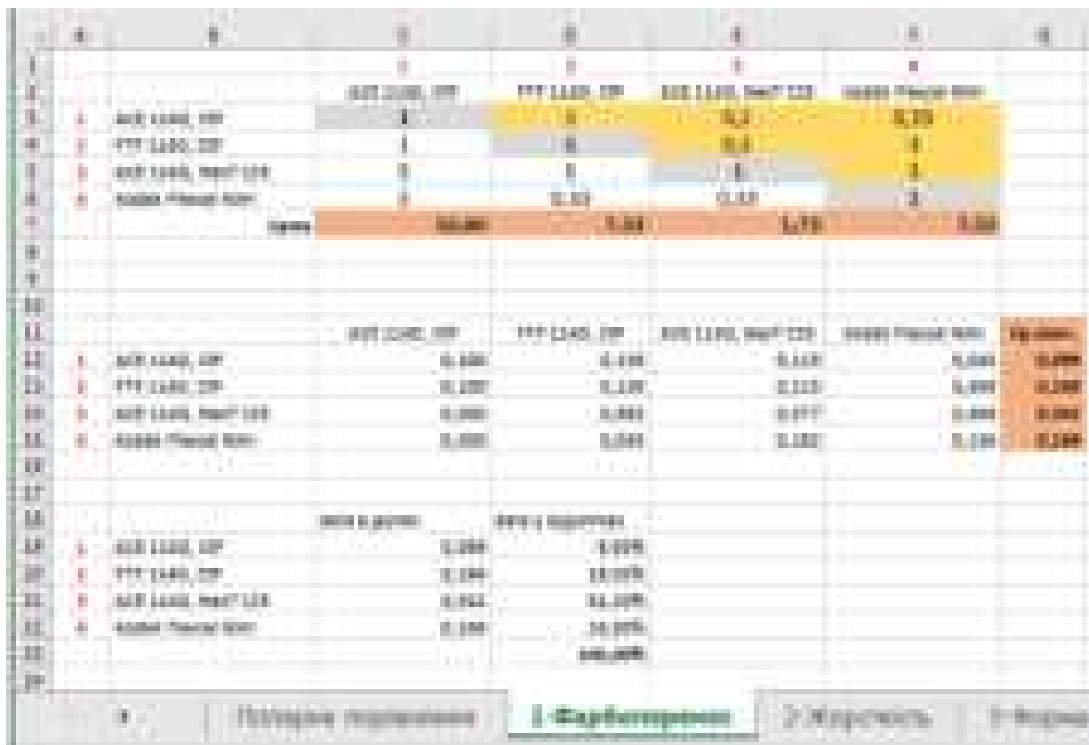


Рисунок 8 – Аналіз параметру «Фарбоперенос»

		1	2	3	4	5
1	Вартість, грн					0,10
2	ВТТ 1240, грн	0,20				0,20
3	ВТТ 1240, грн/120					0,10
4	Вартість, грн					0,10
	<b>Сума</b>	<b>0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,20</b>	<b>0,40</b>
		ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн/120	Вартість, грн	Вплив
1	Вартість, грн	0,20	0,20	0,00	0,20	0,10
2	ВТТ 1240, грн	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00
3	ВТТ 1240, грн/120	0,20	0,20	0,00	0,40	0,10
4	Вартість, грн	0,20	0,20	0,20	0,70	0,00
	<b>Всього в доданку</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,20</b>	<b>0,70</b>	<b>0,00</b>
		ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн/120	Вартість, грн	Вплив
1	Вартість, грн	0,20	0,20	0,00	0,20	0,10
2	ВТТ 1240, грн	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00
3	ВТТ 1240, грн/120	0,20	0,20	0,00	0,40	0,10
4	Вартість, грн	0,20	0,20	0,20	0,70	0,00
	<b>Всього в доданку</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,20</b>	<b>0,70</b>	<b>0,00</b>

Рисунок 9 – Аналіз параметру «Жорсткість»

		1	2	3	4	5
1	Вартість, грн					0,10
2	ВТТ 1240, грн	0				0,10
3	ВТТ 1240, грн/120	0				0
4	Вартість, грн					0,10
	<b>Сума</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>
		ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн/120	Вартість, грн	Вплив
1	Вартість, грн	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ВТТ 1240, грн	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	ВТТ 1240, грн/120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Вартість, грн	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
	<b>Всього в доданку</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>
		ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн	ВТТ 1240, грн/120	Вартість, грн	Вплив
1	Вартість, грн	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ВТТ 1240, грн	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	ВТТ 1240, грн/120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Вартість, грн	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
	<b>Всього в доданку</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>

Рисунок 10 – Аналіз параметру «Форма точки»



	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			100 000,00	100 000,00	100 000,00	100 000,00	
3	1	100 000,00				0,00	
4	2					0,00	
5	3					0,00	
6	4					0,00	
7		Сума	100,00	100,00	100,00	0,00	
8							
9							
10							
11							
12			100 000,00	100 000,00	100 000,00	100 000,00	100,00
13	1	100 000,00				0,00	0,00%
14	2					0,00	0,00%
15	3					0,00	0,00%
16	4					0,00	0,00%
17							
18			100 000,00	100 000,00			
19	1	100 000,00		10,00%			
20	2			10,00%			
21	3			10,00%			
22	4			10,00%			
23				100,00%			
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							

Рисунок 11 – Аналіз параметру «Технологія»

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			100 000,00	100 000,00	100 000,00	100 000,00	
3	1	100 000,00				0,00	
4	2					0,00	
5	3					0,00	
6	4					0,00	
7		Сума	100,00	100,00	100,00	0,00	
8							
9							
10							
11							
12			100 000,00	100 000,00	100 000,00	100 000,00	100,00
13	1	100 000,00				0,00	0,00%
14	2					0,00	0,00%
15	3					0,00	0,00%
16	4					0,00	0,00%
17							
18			100 000,00	100 000,00			
19	1	100 000,00		0,00%			
20	2			0,00%			
21	3			0,00%			
22	4			0,00%			
23				100,00%			
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							

Рисунок 12 – Аналіз параметру «Тоновий охоп»

	Time	Value
ACE 1140, CP	0.87	0.90
PTP 1140, CP	0.90	0.90
ACE 1140, PWT 120	0.90	0.90
Kubok Pivniy MHT	0.90	0.90
<b>Time</b>	<b>0.87</b>	<b>0.90</b>

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Value
ACE 1140, CP	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90
PTP 1140, CP	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ACE 1140, PWT 120	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Kubok Pivniy MHT	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Рисунок 13 – Аналіз параметру «Час виготовлення»

	Price	Value
ACE 1140, CP	1.10	1.20
PTP 1140, CP	1.20	1.20
ACE 1140, PWT 120	1.20	1.20
Kubok Pivniy MHT	1.20	1.20
<b>Price</b>	<b>1.10</b>	<b>1.20</b>

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Value
ACE 1140, CP	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
PTP 1140, CP	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ACE 1140, PWT 120	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Kubok Pivniy MHT	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Рисунок 14 – Аналіз параметру «Ціна»

Т. Сааті запропонував чотири алгоритми наближених методів визначення нормованих власних векторів квадратної оберненої симетричної матриці [9].

1. Підсумувати елементи кожного рядка і їх нормалізувати у спосіб ділення кожної суми на суму усіх елементів. Сума нормалізованих елементів

дорівнює одиниці. Перший елемент результуючого вектора буде пріоритетом першого критерію, другий – другого і т. д.

2. Підсумувати елементи кожного стовпця і отримати зворотні величини цих сум. Нормалізувати їх так, щоб їхня сума дорівнювала одиниці, розділити кожну зворотну величину на суму всіх зворотних величин.

3. Розділити елементи кожного стовпця на суму елементів цього стовпчика (нормалізувати стовпчики), додати елементи кожного отриманого рядка і розділити цю суму на число елементів рядка. Це процес усереднення по нормалізованих стовпчиках.

4. Помножити  $n$  елементів кожного рядка і отримати корінь  $n$ -го ступеня. Нормалізувати отримані числа.

Усі алгоритми дають один і той же власний вектор матриці. Будемо використовувати перший. Результати нормованих власних векторів квадратної оберненої симетричної матриці наведені в табл. 2.

Розрахунки матриці парних порівнянь за всіма критеріями і визначення власного вектора матриці наведені на рис. 7. Зроблено також аналогічні розрахунки за всіма критеріями для обраних типів пластин.

Методика аналізу матриць така:

- знаходимо суму елементів кожного стовпця;
- ділимо всі елементи матриці на суму елементів відповідного стовпця;
- знаходимо середнє значення для кожного рядка;
- отриманий стовпець задає «ваги» критеріїв поставленої мети;
- здійснюємо проміжний висновок (рис. 15).



Рисунок 15 – Аналіз критеріїв вибору полімерних флексоформ

За результатами проведення аналізу матриці попарних порівнянь по визначених критеріях можна зробити наступний висновок.

З точки зору задоволення нашої мети найбільш вагомим є критерій «Форма крапки» (21,77%). Це пояснюється підвищеними вимогами до якості флексодруку на невбираючих матеріалах. Це зазвичай пакування, які вимагають точності відтворення кольорів, напівтонів та насиченості плашки (особливо для пантонних фарб). Це дозволяє тільки пласка точка. Далі слідує

ціна (20,08%). Що теж відповідає вимогам замовника. Фотополімерні кліше мають досить високу ціну. Замовники згодні платити таку ціну за якісну продукцію, але виробники повинні розглянути можливість зниження цього показника за рахунок технологічних інновацій для збільшення попиту у замовників. Досить вагомий, але значно менший за попередні, критерій «Час виготовлення фотополімерних форм» (14,91%). Це пов'язано з тим, що для неперервного технологічного процесу кожна затримка у часі досить проблемна і тягне за собою простоювання обладнання і, відповідно, матеріальні витрати. Майже на такому рівні критерії «Жорсткість пластини» (13,68%) та «Тоновий охват» (13,11%). Вони впливають на властивості форм відтворювати необхідну якість зображень під час друку. Для всіх пластин це нормовані і стабільні значення, тому вони майже внизу рейтингу. Потім слідує «Фарбоперенос» (10,27%). І на останньому місці технології виготовлення - всі вони показують дуже високі показники якості.

Для матриць попарного порівняння за критеріями також зробимо попередній аналіз. Отримані вектори вагових коефіцієнтів порівняння з точки зору відповідності окремим критеріям. За результатами попередніх пунктів сформовані вектор ваг критеріїв та матриця ваг альтернатив по кожному критерію.

Помножуючи отриману матрицю на стовпець матрично, отримуємо ваги альтернатив з точки зору досягнення мети – оптимальний вибір фотополімерних пластин серед обраного асортименту для друкування на невбираючих матеріалах (рис. 16). В результаті отримуємо ваги альтернатив з точки зору досягнення поставленої мети.

Рисунок 16 – Визначення ваг альтернатив

Перше місце посідають ACE 114D, NexT C25. Технологія nyloflex Next дозволяє сформувати стійку структуру растрових точок на формі, які не випадають у процесі друкування тиражу, що забезпечує стабільне та плавне відтворення градієнтів аж до значення 0% та широкий тоновий діапазон. Сформовані мікроструктури дозволяють підвищити оптичну густину плашок.

Для отримання відбитків високої якості з розширеним діапазоном градацій також рекомендується використовувати комбінацію гібридного растру HD Flexo C25 MCWSI P+ з технологією плоскої точки nyloflex Next. Не зважаючи на різницю у ціні між ACE 114D, NexT C25 та ACE 114D приблизно в півтора рази, можна рекомендувати ці пластини на ті поліграфічні підприємства, які на перший план становлять якість продукції. Ці пластини допомагають зменшити кількість браку і забезпечити високу якість.

На другому місці платини Kodak Flexcel NXH. Вони мають вищу оптичну щільність. Програмно-апаратна функція «DigiCap NX», яка є безкоштовною, формує на всій поверхні друкарської форми зернистий мікрорельєф, що помітно підвищує фарбоперенесення та якість друку у всьому тональному діапазоні, включаючи плашки. Застосування цієї функції не тільки усуває ефект «сивини» на плашках, але й суттєво збільшує колірне охоплення, а також забезпечує якісне відтворення деталей у високих кольорах. Але ці пластини дорожче та потребують більше часу на їх виготовлення. Друкарські форми за технологією Flexcell NX можна рекомендувати виробникам поліграфічної продукції для підвищення якості друкованої продукції, але на тих тиражах, які не дуже термінові.

#### 4.4 Виробничий цех

Коли макет дизайну створено, кліше експоноване – машина готується до друку тиражу. Друкарське обладнання провідних світових виробників «Fischer & Kreske» серії BOBST (F&K 20SIX) дозволяє друкувати на всіх видах полімерних матеріалів шириною до 1250 мм, десятьма фарбами, з діапазоном довжини відбитка від 300 до 670 мм. Машина оснащена системами комп'ютерного контролю і управління процесом друку, системою GPS, комп'ютерними відео-системами контролю кольору, що дозволяє постійно підтримувати високу якість відбитка.

Встановлення відеосистеми контролю якості відбитків допоможе підтримувати контроль кольору, та відстеження дефектів під час швидкісного друку. Будь-які дефекти легше виявити та виправити завдяки постійному контролю. Покращена реєстрація кольорів та моніторинг, масштаб, що збільшує зображення у 10 разів дозволяє дуже точно реєструвати «плями» та «бруд», а також здійснювати перевірку тексту та інших друкарських знаків. Відходи зменшуються, оскільки оператор машини може негайно вносити виправлення, поки машина друкує. Отже, друк займає менше часу і використовується менше матеріалу.

Для початку друку друкар згідно технологічної карти підбирає анілоксові вали. На підприємстві існує різноманітна кількість анілоксових валів, які

різняться за такими параметрами: виробник; тип гравірування; лініатура анілоксового валу; належність до певної друкарської машини.

До провідних виробників анілоксових фарб відносять: «Harper», «TLS Group», «Zecher», «Praxair». Кожен виробник намагається розробити свій тип комірки, щоб уніфікувати свою продукцію та продавати унікальні технології переносу фарби.

Для задруковування плашкових елементів використовується анілоксові вали від 80 лін./дюйм до 240 лін./дюйм, для растрових елементів від 280 лін./дюйм до 500 лін./дюйм. Оскільки пантони в більшості використовуються в плашкових елементах, технолог обирає переважно низьколінійні вали [6].

#### 4.5 Станція змішування фарби

Основну функцію, яку виконує станція змішування фарби, це – відтворення нової фарби та її зберігання. Доставка, транспортування і зберігання фарб. Термін зберігання фарб – не більше року. Після закінчення цього терміну, так само як і при недотриманні умов зберігання і транспортування, фарба може бути використана тільки після попереднього тестування на друковані та колористичні властивості. З часом фарба пігментується, що позначається на друці продукції – виникнення дефектів. Тріадна фарба зберігається у великих бочках, з яких дозують фарбу на тираж, в той час коли пантонна фарба зберігається у невеликих відрах, з певним номером на ній та вифарбовкою.

Оскільки підприємство має автоматизовану систему управління ІС: Поліграфічне підприємство 8 – знаходити певне відро з пантоном дуже просто та швидко. Всі дані з вифарбовок зберігаються в АСУ, тому, при необхідності вибору конкретного пантону – треба лише вказати координати фарби. Формули пантонів формуються по суб'єктивним характеристикам L (світлота) C (насиченість) H (тон). Завдяки колу Іттена колорист змішує відповідні пігменти фарби, для отримання певного номеру пантону.

#### 4.6 Кольороподіл та профілювання

Процес відтворення кольору починається на стадії розробки дизайну – в дизайн-студії. Дизайн-відділ виконує функцію перевірки кольорів в макеті та кольороподілу. Дизайн розбивається на тріаду (СМУК), при необхідності, додаються пантони. Дизайнери узгоджують дизайн з менеджерами, а вони насамперед домовляються з замовниками. Якщо замовників все задовольняє, ТЗ рухається до технічного відділу, де вже прописується ТЗ з параметрами, які будуть використовуватися для друку.

Головна ідея поліграфічного підприємства – стандартизація кольорів у всьому виробничому процесі, тому на першому етапі «кольороподілу», для стандартизації відтворення однакових умов на друку і на моніторі екрану, дизайнери використовують профілі, створені менеджером з кольоропроб.

Оскільки ТОВ «Наргус» має власні друкарські машини та поєднаний з цим дизайн-відділ, воно має можливість друкувати тестові шкали для створення профілей під різноманітні матеріали.

Підприємство має широкий спектр матеріалів, які воно пропонує для друку продукції, але кожний матеріал має свої оптичні властивості та фізико-хімічні властивості, які впливають на оптичні властивості фарб. Для компенсації цих властивостей матеріалу, використовують профілі. Щоб створити такий профайл, створюють технічне завдання в якому будуть друкуватися спеціальні тестові шкали на різноманітних матеріалах (рис. 17).



Рисунок 17 – Тестові мішені у кабінеті менеджера з кольоропроби

Після чого, ці тести відносять до менеджера з кольоропроби [6]. Завдяки програмному забезпеченню та спектрофотометру від компанії X-Rite, за певними налаштуваннями будується профіль матеріалу, який буде передано до дизайн відділу у вигляді електронного формату .icc.

#### 4.7 Особливості кольоропроби на підприємстві

Після того, як дизайнер отримує технічне завдання від менеджера з продажів в якому вказаний певний матеріал, дизайнер обирає необхідний профіль і виконує кольороподіл згідно з профілем: тобто на його екрані буде відображено зображення, як би воно вийшло, якщо друкувалося на флексографічному обладнанні в підприємстві Наргус – оскільки профілі робляться лише під обладнання підприємства.

Після підготовки оригінал-макету, друкується кольоропроба, яка максимально точно передає зображення, якби воно друкувалося на друкарській машині підприємства Наргус. Щоб в дійсності кольоропроба відповідала зображенню на екрані – дизайнерські монітори калібрують за допомогою калібратора X-Rite (рис. 4.18, а). Наступний етап – друкування кольоропроби та її оптимізація (рис. 4.18, б). Здійснюється перевірка точності імітації кольору системою для кольоропроби і при необхідності проводиться оптимізацію.

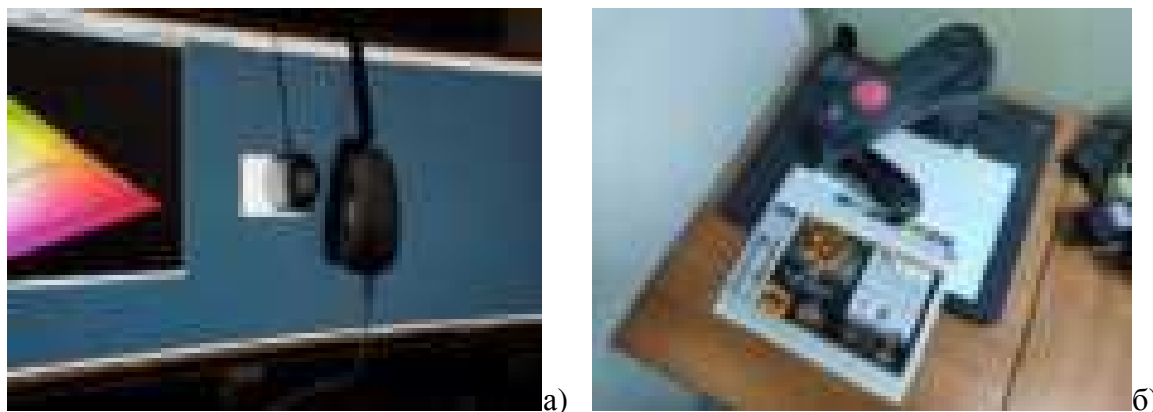


Рисунок 18 – Калібрування: а) монітору, б) кольоропроби

Друкування кольоропроби виконується на професійному принтері від компанії Epson. Використовуються спеціальний папір для кольоропроби EFI Proofing Paper (Німеччина), яка практично позбавлена оптичних відбілювачів і забезпечує відмінні умови для друку кольоропроби з ефективним управлінням кольору. Після того, як замовник побачить кольоропробу вже на певному матеріалі та з урахуванням друкарського обладнання, на якому буде виконаний друк тиражу (враховується на кольоропробі), підписується акт договору про друк тиражу.

#### 4.8 Обґрунтування підготовки пантонів до друку тиражу

Замовник встановлює, чи хоче він використовувати у друці дизайну пантони. Найскладнішим етапом при підготовці фарб на новий тираж – є підготовка пантонних кольорів. Головною перевагою пантонних кольорів у тому, що існує паперове та електронне віяло. Завдяки ним колорист за допомогою спектрофотометру від компанії X-Rite може замірювати відхилення віяла від того що вийшло при друці пантону на друкарському обладнанні. Але є й недоліки такої системи: паперове віяло дуже швидко стирається, віяла мають відхилення між собою (у деяких кольорах відхилення, за стандартом CIE2000,  $dE > 4$ ), формули створення пантонних кольорів не відповідають фарбам, які використовуються на підприємстві «Наргус».

Постає перше питання про стандартизацію пантонних кольорів для друку на флексографічному підприємстві «Наргус». Не зважаючи на те, що формули не відповідають фарбам на підприємстві, існує більш значна проблема – різноманітна кількість матеріалів, які використовуються для друку. Наприклад: якщо пантон, або триадні фарби будуть друкуватися на матовій плівці, в порівнянні з прозорою плівкою – ці фарби будуть менш «світліші» (Lightness), більш «брудніші» (Chromacity), та буде змінений кут тону фарби (Hue). Ці параметри допомагають описати оптичні властивості будь-якої фарби на виробництві, завдяки цим параметрам описується відхилення від еталонного кольору.

Для вирішення такої суттєвої проблеми було компанією було вирішено купити австрійське програмне забезпечення, яке б передбачало, яку формулу потрібно створити (змішування пігментів основних фарб) для відтворення



пантону. Оскільки таке передбачення не однозначне, щоб його перевірити, треба зробити «прокатку» фарби на прободрукарському станку.

Було обрано декілька технічних завдань, в яких використано декілька різних пантонів, з різними матеріалами, на яких вони будуть друкуватися. Завдяки великій базі підприємства, обираються схожі пантони, з мінімальними відхиленнями. Щоб перевірити, чи підходить цей пантон – з іншої бази (з формулами пантонів), змішуються основні фарби згідно формулі у спеціальний мірний стаканчик. Фарба добре розмішується, та завдяки піпетці, береться на близько 5 грамів фарби і наноситься на друкарський станок, біля матеріалу. Робиться прокатка на потрібному матеріалі та порівнюється з електронним віялом. Якщо дельта E фарби менше 5, її можна вже заносити в базу та віддавати у друк, але, якщо дельта більше, треба коригувати формулу або розробляти нову.

Після того, як формули було розроблено, та видано на приладку тиражу, робиться перший викат фарби та порівняння з еталонною кольоропробою – пантони звіряють з електронним віялом завдяки спектрофотометру від компанії X-Rite eXact.

Для дослідження пантонів на різноманітних матеріалах було зроблено таблицю відхилень значень панторних кольорів від теоретичних значень (табл. 3).

Таблиця 3 – Відхилення пантонів від теоретичних значень

Матеріал	Теоретичний пантон	Фактичний пантон	Дельта			
			L	C	H	De2000
ПЭТпр 12 + Пленка пр 50	2144	2119	26,21	-2	-50,21	36,95
ПЭТпр 12 + Пленка пр 50	2747	2746	-3,61	-3,53	0,56	2,72
ПЭТпр 12 + Пленка пр 40	2347	2347	0,11	-1,23	-2,69	2,19
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	1915	198	0,25	-2,37	5,02	2,9
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	7481	3522	2,87	-3,12	-6,39	4,31
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	3515	3515	-2,39	-1,43	-0,25	1,82
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	7427	187	-2,09	-7,26	-7,44	4,9
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 70	2322	469	-1,81	-7,04	10,32	5,5
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 70	7726	356	4,66	10,02	10,9	7,27
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 80	390	384	2,08	5,33	-6,95	5,5
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 80	186	1795	-0,83	-10,12	-5,16	4,45
ПЭТмат 12 + ПЭВДбел 140	7438	2066	-0,01	-7,62	-2,17	2,85
ПЭТпр 12 + БОППмет 20	320	320	1,66	-0,56	0,46	1,69

Завдяки цій таблиці бачимо, що з 13 підготовлених пантонів, 9 увійшли у дельту за стандартом дельта E2000.

У стовбці «Теоретичний пантон» – це той пантон що готувався на станції фарб, заміряний на тому ж самому матеріалі, та прокатаний на прокатному станку.

У стовбці «Фактичний пантон» – заміряний той пантон, що був використаний у друці тиражу.

Чим вища лініатура анілоксового валу тим «світлішим» вийде пантон, чим нижча – тим «темнішим». Ми можемо прослідкувати в першому замірі пантону 2144 – планувалося розробити більш світліший пантон для

високолінійного валу, але він кардинально змінився в ряду того, що друкар ввів низьколінійний вал і цей пантон кардинально змінився, про що й кажуть заміри – дельта E більше ніж 30.

Завдяки таблиці бачимо, що чистота (C) кольору завжди виходить більша, по світлості (L) майже не має змін, а по тону (H) все залежить від самого кольору фарби.

#### 4.10 Рекомендації щодо підбору фарб для точного кольоровідтворення

Завдяки аналізу, проведеному в роботі, були розроблені рекомендації щодо автоматизації підбору фарб пантонів для будь-якого матеріалу з необхідною точністю:

- аналізувати макет дизайну, його кольороподіл щоб: підібрати теоретичний анілоксовий вал яким буде друкуватися тираж згідно з лініатурою, наявністю плашкових елементів чи растрових; чи друкується пантон в один нанос, без підкладки іншого кольору;

- перевірити матеріал, на якому буде друкуватися тираж: при наявності матового матеріалу слід врахувати, що dC повинна бути значно більша за підбираючий пантон (приблизно на 7 одиниць); для прозорого матеріалу dC повинна >2, а dL <2; для друку на прозорому матеріалі без білої фарби (другий шар білий матеріал), слід врахувати, що білий поліпропілен – не чистий білий, а жовтить за кутом «H» на 3 одиниці;

- при наявності АСУ: слід шукати схожі пантони в базі даних. Звертати увагу на dH – не перевищувати >5, відносно підбираючого пантону;

- при відсутності АСУ: на станції виготовлення фарби, підбирати за мінімальною dE пантони, відносно підбираючого пантону;

- після підбору схожого пантону, розробити формулу пантону на тираж (використання спеціальних програм змішення фарб); намагатися не використовувати більше ніж 3 пігменти у фарбі;

- завжди робити прокатку фарби на прободрукарському станку з тим матеріалом, на якому буде друкуватися основний тираж;

- завжди заміряти прокатки на фотопапері (кольоропробний папір);

- при наявності другого шару, для більш точного підбору – імітувати ламінування завдяки невеликою кількістю води накрапаною на другий шар;

- враховувати, що при зміні лініатури анілоксового валу буде змінено відтінок, насиченість та світлота фарби.

Для швидкісного і точного підбору фарб потрібно мати програмне та апаратне забезпечення; знати основні процеси флексодруку; мати уявлення, як змішується фарба (за колом Іттена) та які параметри зміняться при змішуванні певних пігментів. При наявності всіх складових, підприємство буде забезпечено швидкісним підбором пантонів на тираж та мінімальними затратами на приладку друкарського обладнання [10-12].

## Висновки

В роботі зроблено аналіз процесу контролю якості на підприємстві «Наргус», проаналізовано статистику браку на виробництві та причини його виникнення; розглянуто особливості використання фарб в процесі флексодруку.

Для дослідження особливостей відтворення кольору на підприємстві ТОВ «Наргус» були розглянуті всі етапи, які включали в себе відтворення кольору та його стандартизацію. Описані етапи підготовки фарби до друку. Розглянуті додрукарські процеси, які відтворюють колір: препрес, кольоровий менеджмент, колористика. Описаний технологічний процес підготовки фарби та надані рекомендації щодо коригування та стандартизації кольору на підприємстві.

В експериментальній частині проаналізовано процес підготовки пантонних кольорів до друку тиражу; створено таблицю залежності відхилень пантонів на різноманітних матеріалах; розроблено методику підвищення швидкості підбору фарби та рекомендації щодо її застосування

Завдяки проведеному аналізу було з'ясовано, що виникаючий брак на підприємстві «Наргус», спричинений дефектом «Перевищення норм за  $dE_{2000}$ » може бути усунений повністю або частково. Проблему можна вирішити стандартизацією підбору фарби до початку друку, що зменшить час приладки та витрати матеріалів.

Також виявлено, що на якість продукції впливає якість додрукарської підготовки та процес виготовлення флексоформ. Методом аналізу ієрархій виявлені чинники, які надають найбільший вплив на якість флексографічної форми під час друку на невбираючих матеріалах та розроблена методика оптимального вибору формних пластин для невбираючих матеріалів.

Отримані в роботі результати говорять про те, що підготовка пантонів на прокатному станку впливає на приладку, також якщо проаналізувати який анілоксовий вал буде на тиражі – можна з високою точністю припустити реальний пантон, який вийде в процесі друку. Тим самим, наладивши, останній етап стандартизування кольору на підприємстві можна підвищити ефективність приладки тиражу та зменшити витрати.

Список літератури.

1. Machouse. (б. д.). Цифровая эра упаковки. <http://machouse.ua/press-center/s3/news/tsifrovaja-era-upakovki.html>.
2. Printus. (б. д.). Ринок цифрового друку України: передчуття змін. <https://printus.com.ua/article/read/3778>.
3. Publish. (б. д.). Статистика. Дослідження Smithers про майбутнє пакування в період пандемії COVID-19. [https://www.publish.ru/news/202011\\_20093065](https://www.publish.ru/news/202011_20093065).
4. Наргус. <http://nargus.com.ua>.
5. Манаков, В.П., Чеботарьова, І.Б., Чеботарьов, Р.І., & Муравйова, А.В. (2016). Розробка та апробація методики комплексної оцінки рівня якості флексодруку екструзійного пакування. *Traektoriâ Nauki = Path of Science*, (4). <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-aprobatsii-metodiki-kompleksnoy-otsenki-urovnya-kachestva-fleksopechati-ekstruzionnoy-upakovki>.

6. Поленок, Д.В., & Чеботарьова, І.Б. (2020). Основні етапи виготовлення гнучкої рулонної упаковки на підприємстві «Наргус». PRINT, MULTIMEDIA & WEB: матеріали школи-семінару V Міжнародної науково-технічної конференції, 84-86.
7. Es-print. (б. д.). Микрорастирование Kodak Digicap NX. <http://es-print.info/catalog/oborudovanie/kodak-flexcel-nx/mikrorastirovanie-kodak-digicap-nx.html>.
8. Кулинченко, М.П., Зубченко, М.Г., Чабан, М.А., & Чеботарева, І.Б. (2016). Технологія Flat Top Dots у виготовнні флексографськи друкарських форм. Біоника інтелекту, 1(86), 149-154.
9. Саати, Т. (1993). Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархій. <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/saaty.pdf>.
10. Вовк, О.В., Чеботарьова, І.Б., & Поленок, Д.В. (2022). Дослідження особливостей кольоровідтворення на підприємстві ТОВ «НАРГУС». Radiotekhnika, (209), 226-238.
11. Дурняк, Б.В., Ткаченко, В.П., & Чеботарьова, І.Б. (2011). Стандарти в поліграфії та видавничій справі: довідник. Львів: Укр. акад. друкарства.
12. Чеботарьова, І.Б., & Манаков, В.П. (2021). Дослідження засобів та методів управління якістю на підприємстві «БУРУНІН І К». У В.П. Ткаченко, О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова (Ред.), Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: колективна монографія (с. 164-188). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».

УДК 655.42+336.6

## АНАЛІЗ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПОЛІГРАФІЧНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ BUSINESSMATE

**Маїк Л.Я.**

к.т.н., доцент, кафедра «Медіатехнологій та видавничо-графічних систем»,  
Українська академія друкарства

**Маїк В.З.**

к.т.н., професор, кафедра «Поліграфічних медійних технологій і паковань»,  
Українська академія друкарства

**Занько Н.В.**

к.т.н., доцент, кафедра «Медіатехнологій та видавничо-графічних систем»,  
Українська академія друкарства

***Анотація.** У даній статті проводиться аналіз виконання операцій в автоматизованій системі управління поліграфічним підприємством BusinessMate. Розглядаються переваги цієї системи, її вплив на ефективність та якість роботи підприємства. Аналізується потенціал автоматизованої системи у контексті змін на ринку та технологічного розвитку.*

***Ключові слова:** АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ЕЛЕМЕНТИ КЕРУВАННЯ, БАЗА ДАНИХ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ПОЛІГРАФІЧНЕ ПІДПРИЄМСТВО.*

### **Вступ**

Автоматизована система управління поліграфічним підприємством (АСУПП) є комплексною програмно-апаратною системою, спеціально розробленою для оптимізації та автоматизації різних аспектів діяльності поліграфічного підприємства. АСУПП може включати в себе різні модулі та функціональність, такі як облік замовлень, планування виробництва, контроль над складом сировини та матеріалів, моніторинг якості продукції, фінансовий облік, управління персоналом, звітність тощо. Вона забезпечує інтеграцію різних бізнес-процесів і функцій підприємства для забезпечення його ефективної роботи та досягнення стратегічних цілей [1-8].

Аналіз виконання операцій в автоматизованій системі управління поліграфічним підприємством є важливим етапом оцінки ефективності та оптимізації роботи підприємства. Завдяки автоматизованій системі управління, яка включає в себе різноманітні програмні засоби та інструменти, поліграфічні підприємства отримують можливість автоматизувати багатоопераційні процеси, що сприяє підвищенню ефективності виробництва, зменшенню помилок та зниженню витрат [1-8].

У даній роботі ми проведемо аналіз виконання операцій в автоматизованій системі управління поліграфічним підприємством

BusinessMate, яка є однією з передових систем управління у поліграфічній галузі в Україні. АСУПП БізнесМейт здійснює облік, моніторинг, правильне формування цін на продукцію, товари чи послуги, взаємодію з клієнтами та підрядниками, аналіз руху коштів, контроль і планування роботи, що є важливими складовими управління підприємством. Раціонально організована діяльність сприяє зростанню ефективності та прибутковості підприємства і допомагає вивести підприємство на якісно новий рівень розвитку. BusinessMate – це сучасна система комунікації всередині підприємства. Підтримує збір та аналіз інформації в реальному часі роботи. Дає можливість планувати виконання операцій, моделювати ситуації, приймати рішення, впроваджувати нові методи управління.

Аналіз операцій в автоматизованій системі управління дозволяє оптимізувати її використання, що дозволить підприємству підвищити ефективність своєї діяльності, знизити витрати та підвищити задоволення клієнтів.

Аналіз виконання операцій в автоматизованій системі управління поліграфічним підприємством BusinessMate допоможе розкрити потенціал цієї системи та довести її важливість для підприємства в умовах постійно зростаючих вимог ринку та швидкого розвитку технологій.

### **Мета та задачі дослідження**

Проаналізувати виконання операцій в автоматизованій системі управління поліграфічним підприємством BusinessMate.

Здійснити аналіз виконання операцій в автоматизованій системі управління поліграфічним підприємством.

Розглянути основні переваги та особливості виконання операцій в автоматизованій системі управління поліграфічним підприємством BusinessMate.

Проаналізувати процес виконання операцій, що впливає на ефективність роботи системи та якість роботи поліграфічного підприємства.

### **Основна частина**

Реєстрація виконання операцій в програмі BusinessMate здійснюється з метою планування та обліку фізичного виконання роботи працівниками підприємства. Завдяки цьому з'являється можливість організувати технологічні процеси на підприємстві, оцінювати затрачений на виконання робіт час, нараховувати працівникам заробітну плату за фактично виконану ними роботу.

Операції, які працівник повинен виконати фізично і зафіксувати в програмі їх виконання, походять з проектів, які створюють менеджери, приймаючи замовлення від клієнтів. Для відображення доступних до виконання операцій призначене вікно «Доступні операції для виконавця». Доступні до виконання операції з'являються у цьому вікні внаслідок зміни статусу проекту

на «виконується». Зміну статусу виконує менеджер проекту внаслідок остаточного погодження з клієнтом всіх умов виконання. Конкретний працівник бачить лише операції, які дозволені йому до виконання. Перелік дозволених операцій для працівника визначається у вікні [«Співробітники»](#), або у вікні [«Шаблони операцій»](#) (рис. 1).

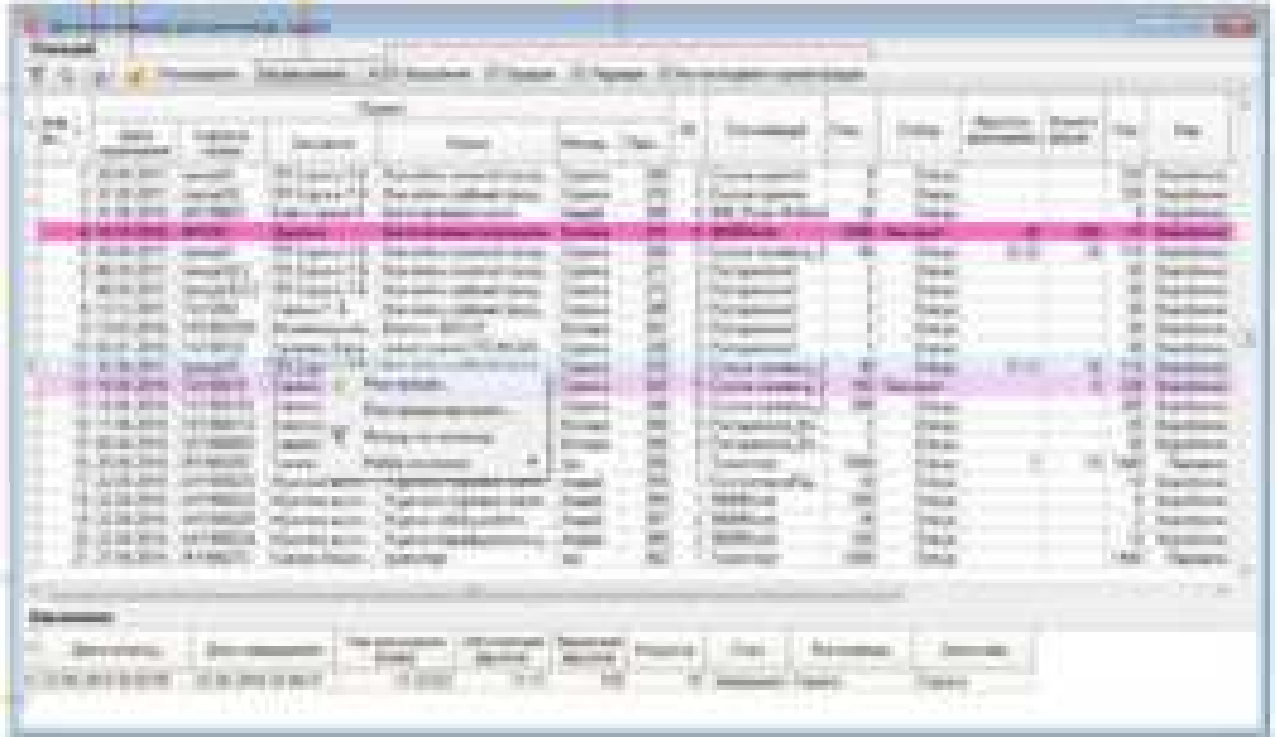


Рисунок 1 – Вигляд вікна «Доступні операції для виконавця». Елементи керування у вікні:

1 – кнопка ввімкнення автоматичного оновлення переліку операцій з заданим інтервалом;

2 – кнопка реєстрації виконання вибраної операції; 3 – випадаючий список вибору стану операцій, які відображати. Містить такі значення: «На виконанні» – за замовчуванням.

Показувати операції, які зараз може виконувати працівник. «Очікують» – операції, які стануть доступними, коли попередні операції з їхніх проектів будуть завершені.

«Всі» – показувати операції в обох вище описаних станах; 4 – додаткові параметри відображення операцій в переліку. «Виробничі»/«Продаж»/«Підрядні» – показувати операції відповідного типу; 5 – таблиця з переліком доступних операцій; 6 – таблиця, що показує хто відмічав/зараз відмічає обрану операцію. За замовчуванням прихована

Колонки таблиці:

– «Порядок виконання» – номер, що показує порядок, в якому слід брати до виконання доступні операції;

– «Операція» – назва операції;

– «Кількість» – кількість одиниць операції до виконання;

– «Час» – планований (розрахунковий) час на виконання операції;

– «Тип операції» – тип операції;

– «Всього виконано» – кількість вже виконаних циклів операції, відповідно до зареєстрованих виконавцями записів;

– «Відсоток виконання» – Стан виконання операції у відсотках. Співвідношення вже зареєстрованої частково виконаної кількості і загальної кількості в операції;

- «Проект. Дата отримання» – дата створення проекту;
- «Проект. Коротка назва» – коротка назва проекту (номер);
- «Проект. Замовник» – коротка назва замовника проекту;
- «Проект. Назва» – повна назва проекту;
- «Проект. Менеджер» – менеджер проекту;
- «Проект. Пріоритет» – пріоритет виконання проекту;
- «№.» – порядковий номер операції у проекті;
- «Дата початку (план)» – Запланований час початку виконання операції.
- «Статус» – Статус операції. Може приймати значення «Очікує» (на виконання) або «Виконується»;
- «Коментар операції» – коментар менеджера проекту для виконання саме цієї операції. Зазвичай тут повинні бути додаткові вказівки виконавцю;
- «Коментар проекту» – коментар проекту.

В таблиці операцій (рис. 1) світло-рожевим кольором показані операції, початок виконання яких вже зареєстрував інший виконавець. Це допомагає відрізнити операції, які ніхто не виконує від тих, що вже виконуються. Насичено-рожевим кольором показані операції, які почав виконувати працівник, який переглядає в даний момент вікно. Це допомагає відрізнити операцію, яку ви почали і завершення виконання якої ви маєте відмітити.

**Реєстрація виконання операції.** Виконавці, які можуть виконувати роботи на підприємстві, переглядають вікно «Доступні операції для виконавця», щоб побачити роботу, яку їм слід почати виконувати фізично і зареєструвати виконання в програмі. Виконавець повинен вибрати найпершу роботу в порядку виконання і ознайомитись з завданням і її параметрами.

Інформацію по потрібній операції можна побачити в самій таблиці доступних операцій, проте перелік матеріалів та параметри операції можна побачити у вікні «Реєстрація виконання». В цьому ж вікні присутні команди для реєстрації виконання обраної операції працівником.

Для того щоб відкрити вікно реєстрації виконання операції потрібно обрати операцію в таблиці і натиснути кнопку [2] на панелі інструментів, або вибрати команду «Реєстрація...» з контекстного меню таблиці операцій (рис. 1). Відкриється вікно, яке детально описано в розділі «Реєстрація виконання».

Одну і ту ж роботу можуть виконувати декілька працівників послідовно або одночасно. Тоді вони реєструють виконання однієї і тієї ж операції, вказуючи кожен свою кількість виготовленої продукції, або розділяють загальну кількість операції на рівні частини і кожен відмічає по такій кількості.

**Реєстрація від імені іншого працівника.** В деяких випадках працівники не можуть, або не повинні самі реєструвати в програмі виконану ними роботу. Це може бути як технічна неможливість чи незручність у доступі до ПК з



програмою BusinessMate, так і небажання керівника надавати доступ до програми тимчасовим, чи щойно прийнятим працівникам.

Тоді виконання виконавцями їх роботи контролюється іншими прийнятими на підприємстві способами, а внесення записів про виконання ними роботи в програму BusinessMate здійснює відповідальний за це окремий працівник.

Для цього такому працівнику має бути наданий дозвіл «Виконання від імені інших» у вікні «Права користувачів». Тоді у вікні «Доступні операції для виконавця» в контекстному меню таблиці операцій з'явиться пункт «Реєстрація від імені...», при виборі якого з'явиться вікно, зображене на рис. 2.

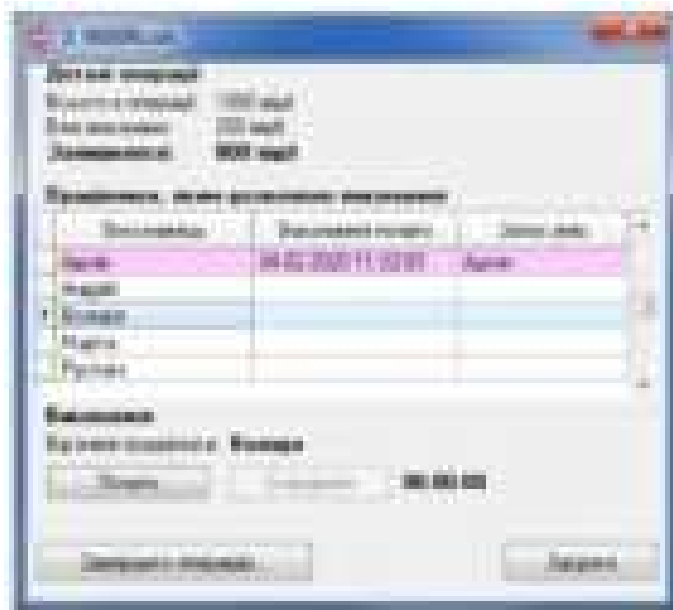


Рисунок 2 – Вікно реєстрації виконання від імені іншого працівника

В цьому вікні показано перелік працівників, яким доступна до виконання обрана операція і стан виконання. Записи для кожного працівника в таблиці можуть мати різні кольори в залежності від певних умов:

- білий – операція від імені цього працівника ще не виконувалась і зараз не виконується;
- сірий – операція від імені цього працівника вже виконувалась і зараз не виконується. Можливо ви вже відмітили частку цього працівника в операції;
- світло-рожевий – показує, що даний працівник сам від свого імені запустив виконання операції;
- світло-жовтий – показує, що для працівника в таблиці реєстрацію запустив інший працівник (не той, хто переглядає в даний момент вікно). Його ім'я показується в колонці «Запис вніс»;
- насичено-жовтий – показує, що для працівника в таблиці реєстрацію запустили ви (той, хто переглядає в даний момент вікно).

Це допомагає уникнути ситуації, коли відповідальний працівник випадково втручається в процес реєстрації операції іншого працівника. Кнопки «Почати», «Зупинити» і «Скасувати» у вікні дозволяють запустити-зупинити-скасувати виконання для обраного в таблиці працівника.

Коли одну операцію виконують декілька виконавців – тоді для кожного з них потрібно зареєструвати відповідну кількість зробленої ним продукції, чи інших одиниць роботи. Наприклад, якщо в операції потрібно виготовити 1000 одиниць продукції, чи заготовок, і над нею працювало 5 працівників, які виготовили, відповідно 150, 180, 200, 220 і 250 одиниць, то для кожного працівника потрібно зареєструвати виконання з відповідною кількістю.

Коли операція повністю виконана, і для всіх виконавців відмічено виконану ними кількість, слід помітити операцію як «завершену», натиснувши кнопку «Завершити операцію...». Це змінить внутрішній статус операції на «завершену», і вона зникне з переліку доступних до виконання операцій, а з'явиться наступна з того ж проекту, якщо є.

Для того, щоб в програму BusinessMate внести інформацію про виконання працівником певної роботи, яку менеджери запланували для виконання прийнятих замовлень, виконавець роботи має зареєструвати («відмітити») початок, кількість і завершення виконаної ним роботи. Робота, яку має виконувати виконавець, відповідає операції проекту, яким заплановано цю роботу.

Кожному працівникові передбачено і налаштовано перелік операцій, які він може виконувати. Доступні до виконання роботи працівнику відображаються у вікні «Доступні операції для виконавця» після того як працівник-виконавець ввійде в програму зі своїм логіном. Перед тим як фізично взятись за виконання роботи виконавець повинен вибрати потрібну операцію з переліку доступних і ознайомитись з параметрами виконання цієї операції. Для цього слід у вікні «Доступні операції для виконавця» обрати потрібну операцію і натиснути кнопку панелі інструментів, або обрати з контекстного меню команду «Реєстрація...». Після виконання цієї команди відкриється вікно, зображене на рис. 3. В заголовку вікна відображається назва обраної операції і її порядковий номер в проекті.

**Параметри операції.** Таблиця параметрів операції [3] показує деякі параметри операції з проекту, які можуть бути потрібні виконавцю. Наприклад, для операції друку тут важливий параметр «Друк на звороті листа», що показує виконавцю що це має бути двосторонній друк. З жодних інших відомостей цього неможливо було б дізнатись і менеджер мав би вказати це в коментарі операції. Але оскільки все одно існує параметр з таким призначенням, то написання коментаря – додаткова робота для менеджера. Крім того співставлення різної інформації дозволяє виявити можливі помилки, які допустив менеджер при налаштуванні операції проекту. Наприклад, на малюнку параметр «Формат» має значення «А4», а в матеріалах операції вибраний папір, в назві якого фігурує розмір «А3». Це ознака звернутись до менеджера і уточнити чи правильний матеріал він вказав в операції. В таблиці відображаються лише параметри, у яких в шаблоні операції задано ознаку «видимий виконавцю».



Рисунок 3 – Вікно реєстрації виконання операції: 1 – корортка і повна назва проекту; 2 – кількість одиниць продукції за проектом; 3 – таблиця параметрів операції; 4 – коментар до операції, заповнений менеджером; 5 – перелік матеріалів операції, які виконавець повинени використати в роботі; 6 – коментар до проекту; 7 – інші деталі операції; 8 – поле для вводу кількості виконавцем при завершенні операції та одиниці виміру; 9 – кнопка початку реєстрації виконання операції; 10 – кнопка закривання вікна; 11 – кнопка написання повідомлення менеджеру проекту; 12 – відображення тривалості виконання операції після її початку; 13 – відмічання операції як «завершеної»; 14 – кнопка скасування початого процесу реєстрації виконання; 15 – відсоток виконання даної операції, якщо вона вже частково виконувалась перед відкриттям цього вікна

**Деталі операції.** В області [7] відображаються деякі інші властивості операції: «Початок заплановано на» – планова дата початку операції, яку вказано в проекті. Показує коли виконавець має приступити до її виконання. «Розрахунковий час виконання» – вирахована планова тривалість виконання операції. Якщо працівник не вкладається в заданий час – керівник має вияснити причини цього, перевірити чи правильно рахується планова тривалість операції.

«Завершення заплановано на» – планова дата завершення операції. «Всього в операції» – загальна кількість одиниць продукції (або об'єму роботи в інших одиницях), запланована в операції. «Вже виконано» – кількість одиниць операції, яку вже відмітили як виконану виконавці до цього. «Залишилося» – скільки ще залишилось виконати роботи за операцією як різниця між загальною і вже виконаною кількістю. Це значення автоматично підставляється в поле [8].

**Процес реєстрації виконання операції. Початок виконання.** Коли виконавець приступає до фізичного виконання роботи він повинен натиснути кнопку «Почати» [9]. Це запускає відлік тривалості виконання роботи працівником, а також повідомляє іншим виконавцям що роботу вже почали виконувати. Процес реєстрації виконання від початку відліку до завершення називається етапом виконання. Етапи виконання кожним працівником заносяться в «Журнал виконання операцій». Щойно початий етап в «Журналі виконання» має ознаку «незавершений». Коли працівник підтвердить виконання свого етапу – він отримає ознаку «завершений» і отримає кількість, яку ввів виконавець при завершенні.

Запустивши процес реєстрації виконання операції, виконавець може закрити вікно реєстрації, щоб продовжити роботу в інших вікнах програми, або навіть вийти з програми і вимкнути комп'ютер. Для закриття вікна реєстрації потрібно натиснути кнопку «Приховати» [10]. Відкрити вікно можна знову обравши команду «Реєстрація...» для цієї ж операції у вікні «Доступні операції для виконавця». Після натискання кнопки «Почати» або якщо відкрити вікно для операції, яка була почата даним виконавцем раніше, нижня частина вікна змінює свій вигляд (рис. 4).

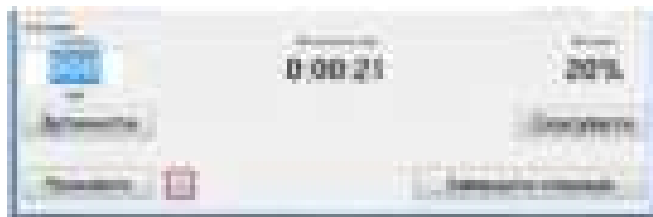


Рисунок – 4 Зміни у вигляді вікна реєстрації для операції, яку почали виконувати

**Завершення виконання.** Коли працівник завершує свою частину виконання роботи, або перериває роботу, щоб продовжити наступні зміни, він повинен зафіксувати вже зроблену ним кількість роботи. Для цього зроблену кількість потрібно ввести в поле кількості [8] (рис. 3) та натиснути кнопку «Зупинити» (рис. 4). З'явиться вікно для підтвердження кількості виконаного. Після підтвердження вікно реєстрації автоматично закриється. Якщо з якихось причин потрібно скасувати свою реєстрацію виконання операції – слід натиснути кнопку «Скасувати». Це зазвичай буває, коли працівник помилково почав реєструвати виконання не тієї операції.

**Завершення операції.** Для того, щоб декілька виконавців могли зареєструвати свою частку виконання операції, операція залишається в переліку доступних до виконання до тих пір, поки один із виконавців явно не вкаже що операція повністю завершена. Для цього слід натиснути кнопку «Завершити операцію» (рис. 4). З'явиться запит на підтвердження дії і після підтвердження вікно реєстрації закриється, операція зникне з переліку доступних до виконання і з'явиться наступна з проекту (якщо цьому виконавцю вона доступна до виконання). Після завершення етапу, запис цього етапу в «Журналі виконання» отримає ознаку «завершений» і оновиться його кількість виконаного.

Якщо операцію повністю виконав один виконавець, або виконавець знає що він є останнім, хто завершує реєстрацію виконання цієї операції – він може пропустити натискання кнопки «Завершити», і відразу натиснути кнопку «Завершити операцію» – з'явиться підтвердження кількості виконаного, активний етап виконання цим виконавцем буде завершений з вказаною кількістю, а операція буде помічена як завершена.

Коли працівник реєструє початок і завершення ним виконання певної операції, то програма створює відповідний запис в журналі виконання операцій. Переглянути внесені виконавцями записи можна у вікні «Журнал виконання операцій». Вигляд вікна показаний на рис. 5.

Також у вікні присутня таблиця з переліком етапів виконання і інші типові елементи керування. Колонки таблиці журналу виконання:

- «Дата початку» – коли був початий даний етап;
- «Дата закінчення» – дата і час закінчення етапу. Порожня, якщо етап ще не закінчений;
- «Час виконання (план)» – плановий час виконання. Вираховується як плановий час операції, помножений на частку кількості операції, яку ще залишилось виконати, від загальної кількості операції. Якщо операція ще не виконувалась, то кількість, що залишилась, дорівнює загальній кількості операції, їх частка дорівнює 1.0, а плановий час даного етапу буде рівним плановому часу операції;



Рисунок 5 – Вікно «Журнал виконання операцій»: 1 – кнопка, яка вмикає підрахунок підсумків в підсумковій стрічці таблиці; 2 – список вибору по якій даті етапу слід фільтрувати при ввімкненні фільтру по даті. Можливі значення: «Дата початку», «Дата завершення»

- «Час виконання (факт)» – фактична тривалість виконання як різниця між датою завершення і датою початку виконання. Вираховується після закінчення етапу;

- «Виконавець» – працівник, який виконував роботу;

– «Запис вніс» – працівник, який вніс запис. Якщо виконавець сам реєстрував своє виконання, то це значення буде рівне значенню колонки «Виконавець»;

– «Менеджер» – менеджер проекту;

– «Коротка назва проекту» – відповідно;

– «Назва проекту» – повна назва проекту;

– «№» – номер операції в проекті;

– «Час операції» – розрахунковий час виконання операції;

– «Дата завершення операції» – відповідно. Встановлюється коли операція помічається як «завершена». Порожнє, якщо операція ще не завершена;

– «Кількість» – зареєстрована виконавцем кількість виконаного;

– «Од. вим.» – одиниці виміру кількості за операцією;

– «Завершено» – ознака завершеності етапу;

– «Коментар операції» – відповідно;

– «Коментар проекту» – відповідно;

– «Відсоток операції» – показує скільки вже виконано даної операції.

Якщо операція виконана повністю, але ще не завершена – показує 99%, завершена – 100%;

– «Абсолютний відсоток» – показує частку даного етапу від загальної кількості операції;

– «Відносний відсоток» – показує частку даного етапу від суми кількостей всіх етапів виконання;

– «Вартість етапу» – відносна вартість етапу як «відносний відсоток» етапу від загальної вартості операції. Сума вартостей етапів однієї операції завжди дорівнює вартості операції;

– «Вартість матеріалів» – сума вартостей матеріалів етапу як кількість матеріалів етапу, помножена на їх ціну. Кількість кожного з використаних матеріалів етапу рахується як «Абсолютний відсоток» етапу, помножений на загальну кількість матеріалу в операції;

– «Вартість складових» – вартість решти складових операції як «вартість етапу» мінус «вартість матеріалів»;

– «Вартість підрядних робіт» – відносна вартість підрядних робіт для етапу як «відносний відсоток» етапу від загальної вартості підрядних робіт в операції;

– «Угода» – номер угоди, до якої прикріплений проект цієї операції;

– «Проект внутрішній» – ознака внутрішнього проекту.

**Команди контекстного меню таблиці. Використані матеріали** – показати використані даним етапом матеріали. Результати доступні після завершення етапу. **Плановий розподіл вартості** – показати розподіл по складових ціни операції для даного етапу. Результати доступні після завершення всієї операції.

**Вилучення записів.** Етап в «Журналі виконання» можна вилучити. Наприклад, якщо виконавець помилково зареєстрував виконання не тієї операції, або з неправильною кількістю. Після вилучення етапу в операції знімається стан «завершена» і вона знову з'являється у вікні «Доступні операції для виконавця». Там можна знову коректно зареєструвати виконання і завершити операцію.

**Колонки вартостей етапу.** Колонки, що показують вартості складових етапу, допомагають зрозуміти механізм розподілу операції під час розробки шаблону операції, зрозуміти формування розподілу по статтях за період. Наступні колонки таблиці журналу недоступні якщо користувач не має дозволу «Перегляд фінансових даних в журналі»: вартість етапу; вартість матеріалів; вартість складових; вартість підрядних робіт; угода; проект внутрішній.

**Перегляд розподілу по статтях.** Команда «Плановий розподіл вартості» в контекстному меню етапу відкриває вікно (рис. 6), яке показує як вартість складових операції розподілилась для цього етапу. Для доступу до цієї команди користувач повинен мати дозвіл «Плановий розподіл операції в журналі» в розділі «Звіти» вікна «Права користувачів».

**Перегляд використаних матеріалів.** Команда «Використані матеріали» в контекстному меню етапу відкриває вікно (рис. 7), в якому можна переглянути як були списані в розхід матеріали етапу. Для доступу до цієї команди користувач повинен мати дозвіл «Перегляд використаних матеріалів» для журналу виконання. Загальний розхід по всіх операціях доступний у вікні «Розхід матеріалів».



Рисунок – 6 Вікно перегляду розподілу по статтях етапу

Назва операції	Назва	Номер етапу	Ціна	Кількість	Запаси	Вартість
Розпуск паперу	1000 (1000) (1000)	1000000	0.04	100 (100)	100000	4000
Відрізання	1000000 (1000000)	1000000	0.07	100 (100)	100000	7000
Виробництво паперу	1000 (1000)	1000000	0.09	100 (100)	100000	9000
Склад	1000 (1000)	1000000	0.11	100 (100)	100000	11000
Склад	1000 (1000)	1000000	0.12	100 (100)	100000	12000
Транс.	1000 (1000)	1000000	0.13	100 (100)	100000	13000

Рисунок – 7 Вікно перегляду розходу матеріалів етапу

**Привілеї користувача.** Для доступу до вікна «Журнал виконання операцій» та роботи з ним користувачу програми потрібно надати відповідні привілеї у вікні «Права користувачів» (розділ «Операції», група «Журнал операцій»). Передбачені наступні привілеї: перегляд журналу операцій; перегляд операцій інших виконавців; перегляд використаних матеріалів; вилучення своїх записів журналу; вилучення чужих записів журналу; перегляд фінансових даних в журналі; перегляд підсумків в таблицях. Команди для виконання дій в «Журналі виконання операцій» доступні лише якщо користувач має права на відповідні дії.

### Результати досліджень

Загальні результати досліджень свідчать про те, що автоматизована система управління поліграфічним підприємством BusinessMate є потужним інструментом, який сприяє підвищенню ефективності, якості та конкурентоспроможності підприємства. Вона дозволяє зменшити витрати, збільшити продуктивність та задоволення клієнтів, що робить її необхідним рішенням для поліграфічних підприємств, що прагнуть досягти успіху в сучасному бізнес-середовищі. Автоматизована система управління поліграфічним підприємством BusinessMate має великий потенціал у контексті змін на ринку та технологічного розвитку. Вона забезпечує підприємству гнучкість, швидкість реакції на зміни попиту та можливість впроваджувати нові технології для поліпшення процесів виробництва.

### Висновки

Автоматизована система управління поліграфічним підприємством BusinessMate значно сприяє підвищенню ефективності виробництва. Автоматизація операцій дозволяє зменшити час на виконання завдань, скоротити людські помилки та підвищити продуктивність працівників.



Автоматизована система управління поліграфічним підприємством сприяє поліпшенню якості роботи. Завдяки системі контролю та моніторингу, помилки та дефекти виробництва можуть бути виявлені та виправлені на ранніх етапах, що сприяє покращенню якості продукції та задоволенню клієнтів.

Використання автоматизованої системи управління дозволяє знизити витрати підприємства. Оптимізація процесів, автоматичний контроль за складом сировини та матеріалів, а також планування виробництва допомагають зменшити витрати на запаси, зайві операції та витрати на ремонт.

#### Список літератури.

1. Ali, M. & Miller, L. (2017). ERP system implementation in large enterprises – a systematic literature review. *Journal of Enterprise Information Management*, 30(4), 666-692.
2. Klaus, H., Rosemann, M., & Gable, G.G. (2000), What is ERP?. *Information Systems Frontiers*, 2(2), 141-62.
3. Moller, C. (2005). ERP II: a conceptual framework for next-generation enterprise systems?. *Journal of Enterprise Information Management*, 18(4), 483-497.
4. Estébanez, R.P., Trigo, A. & Belfo, F. (2016). ERP systems adoption evolution in Iberian companies during the global financial and economic crisis and recession (2007-2014). *2nd International Conference on Information Management (ICIM)*, 116-120.
5. Estébanez, R.P. (2021). Assessing the Benefits of an ERP Implementation in SMEs. An Approach from the. *Scientific Annals of Economics and Business*, 68(1), 63.
6. Amado, A., Belfo, F.P. (2021). Maintenance and Support Model within the ERP Systems Lifecycle: Action Research in an Implementer Company. *Procedia Computer Science*, (181), 580.
7. Al-Mudimigh, A., Zairi, M., & Al-Mashari, M. (2001), ERP software implementation: an integrative framework. *Eur J Inf Syst.*, 10(4), 216-226.
8. Haddara, M., & Elragal, A. (2011). ERP Lifecycle: When to Retire Your ERP System?. In: Cruz-Cunha, M.M., Varajão, J., Powell, P., Martinho, R. (eds). *ENTERprise Information Systems. CENTERIS 2011. Communications in Computer and Information Science*, (219).

УДК 621.375.826

## ВИВЧЕННЯ РЕЖИМНИХ ФАКТОРІВ ТА ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

**Савченко О. М.**

к.т.н., доцент, кафедра поліграфічних медійних технологій і паковань,  
Українська академія друкарства

***Анотація.** Наведена класифікація та характеристика методів лазерної обробки. Досліджено, що у секторі упаковки найбільш використовуваний вуглекислотний CO<sub>2</sub>-лазер з довжиною хвилі 10,6 мікрометра, яка належить до далекої інфрачервоної області і дуже добре поглинається органічними матеріалами, зокрема папером і картоном. Комбіновані матеріали (PP, PET тощо), які використовуються при виготовленні етикетки та харчової упаковки обробляються при довжині хвилі CO<sub>2</sub> 10,2 мкм. Ключовими факторами при вивченні фізичних явищ та режимних факторів процесу лазерної обробки для встановлення та підтвердження зв'язку між параметрами лазерного процесу, умовами праці та вихідними параметрами є довжина хвилі лазера, його стабільність, потужність, швидкість обробки, різкість фокусування, що дозволить визначити точність, повторюваність і надійність лазерного процесу.*

***Ключові слова:** ЛАЗЕРНА ОБРОБКА, ВУГЛЕКИСЛОТНИЙ ЛАЗЕРНИЙ СТАНОК, ЛАЗЕРНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ПОЛІГРАФІЧНА ПРОДУКЦІЯ, РЕЖИМНІ ФАКТОРИ, ФІЗИЧНІ ЯВИЩА*

### **Вступ**

З'явившись у середині ХХ століття, лазери увійшли практично в усі області діяльності людини. Значущу роль вони відіграли у новітніх оптичних засобах зв'язку, що складає величезний пласт сучасного життя людини. Володіючи неймовірно багатогранними властивостями, лазерний промінь "висвічує" собі шлях абсолютно у всіх сферах людського життя, роблячи його якіснішим та комфортнішим.

З англійської «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» перекладається як «посилення світла за рахунок стимульованого випромінювання» і відповідно до перших літер цього виразу створена аббревіатура LASER. Продукуючи потік світла надзвичайної концентрації, лазер відкриває перед сучасною наукою нові перспективи розвитку [1].

Лазерну модифікацію поверхні (LSM) можна визначити як будь-який лазерний процес, який модифікує матеріал. Ці процеси використовуються для надання певних бажаних фізичних і хімічних властивостей матеріалу, наприклад, хімічний склад поверхні або морфологія поверхні, які вивчались в роботах [2, 3]. Такі модифікації застосовувались для різноманітних матеріалів: металів, полімерів, кераміки, що досліджувались вченими у наукових публікаціях [4-6]. У статті [7] автори ознайомили з основами техніки текстурування та прикладами її застосування для обробки поверхні різних матеріалів (полімери, метали,

кераміка чи навіть природний камінь) з екстремальними властивостями змочування: супергідрофільні, супергідрофобні та омніфобні поверхні, які були отримані лазерним текстуруванням, що також не мало ваги в друкарських процесах видавничо-поліграфічної промисловості (усі типи поверхонь друкарських форм, фарби, клеї, мастила, мийні засоби, корозія металів та ін.). Було виявлено, що лазерне текстурування є чудовою технікою для зміни змочування поверхні різноманітних матеріалів. Відносна простота та надійність результатів разом із широкою доступністю промислових лазерних джерел зробили лазерне текстурування перспективним інструментом для модифікації поверхні деталей на виробничих підприємствах. Науковцями [8] здійснено порівняння методів механічної поверхневої обробки для поліпшення властивостей нержавіючої сталі з дослідженням впливу лазерної ударної обробки (LSP), кавітаційної обробки у воді (WjCP), дробоструминної обробки у воді (WjSP) та ультразвукової ударної обробки (UIT) на шорсткість, твердість та залишкові напруження поверхні. Всі методи зміцнення викликають залишкові напруження стиснення в приповерхневому шарі, що підвищує зносостійкість/корозійну стійкість і втомну міцність в досліджуваному матеріалі.

### **Мета та задачі дослідження**

Основа методів лазерної поверхневої обробки становлять складні швидкоплинні фізико-хімічні процеси. Їх знання, уміння обчислювати їх, розраховувати окремі випадки, прогнозувати наслідки та результати обробки, реалізовувати процеси – все це необхідно фахівцям виробництва, де впроваджуються сучасні лазерні технології. Тому метою даної роботи є вивчення режимних факторів та виявлення технологічних закономірностей процесу лазерної обробки матеріалів, які використовуються при виготовленні поліграфічної продукції (картони, пластикові і полімерні матеріали).

### **Основна частина**

Впродовж багатьох десятиліть властивості поверхні матеріалів покращувалися з використанням різноманітних покриттів і методів модифікації поверхні відповідно до умов експлуатації, включаючи вимоги до терміну служби компонентів під дією температури, умови зношування чи втоми. Для покращення властивостей поверхні в порівнянні зі звичайними технологіями, такі як загартовування в полум'ї, електронні та іонні методи, отримали розвиток плазмова і лазерна обробка, які успішно використовуються у техніці модифікації поверхні [9].

Поверхнева лазерна обробка (англ. laser surface processing) – це локальне нагрівання, плавлення чи випаровування матеріалу, що обробляється під дією тепла, поглинутого матеріалом у місці дії лазерного випромінювання. Залежно від величини щільності потужності лазерної дії реалізуються різні процеси

лазерної поверхневої обробки. В основі цих процесів лежать незвичайні структурні та фазові зміни в матеріалі, що виникають внаслідок надвисоких швидкостей його нагрівання і подальшого охолодження в умовах лазерного випромінювання. Важливу роль при цьому відіграють можливість насичення поверхневого шару елементами навколишнього середовища, зростання щільності дислокацій в зоні опромінення та інші ефекти. Лазерну обробку використовують для таких операцій: вирізання заготовок, модифікація поверхні матеріалу (LSM), нанесення маркування, гравірування, локальне легування, запаювання, зварювання, наплавлення, легування тощо, в тому числі і у поліграфічній галузі [10, 11].

За типом модифікації [9] вчені класифікують LSM (гартування, текстурування, відпал тощо) або відповідно до температури обробки (нагрівання, спікання, плавлення або плазма). Лазерна термічна обробка поверхні є процесом без плавлення, тоді як при лазерному плавленні поверхні відбувається розплавлення її тонким шаром з подальшим застиганням і утворенням твердої структури.

Під час лазерної ударної обробки (LSP) поверхнева залишкова напруга стиснення діє на матеріал за допомогою ударних хвиль лазерної обробки. При лазерному напавленні (спосіб нанесення функціональних покриттів) відбувається плавлення матеріалу основи і оплавлення порошкової суміші, яка на нього наплавляється.

Традиційно для маркування та нанесення інформації на упаковку використовуються такі способи: струменевий друк, термотрансферний друк, штампування, гаряче тиснення, механічне гравірування, які засновані на контакті між інструментом і заготовкою. У порівнянні з ними технологічні лазери мають ряд переваг:

- гнучкість із надзвичайно точним контролем глибини різку, високою повторюваністю та стабільністю без необхідності зміни інструментів, на відміну від механічних альтернатив;

- здатність фокусування лазерного променя в одну малесеньку крапку діаметром мікрон;

- завдяки величезній потужності лазери безперервної дії активно використовуються для розрізування, зварювання або запаювання деталей, виготовлених з різноманітних матеріалів;

- при високій температурі лазерним випромінюванням реально зварювати навіть ті матеріали, які не можна з'єднати між собою іншими методами. Наприклад, зварювання металу і кераміки з отриманням нового матеріалу – металокераміки, який має унікальні властивості;

- завдяки своїй універсальності та легкості лазери можна інтегрувати в існуючі виробничі лінії у поєднанні з гальваносистемою, ріжучою головкою або їх комбінацією;

- ідеальна прямолінійність лазерного променя з використанням імпульсних лазерів забезпечує вимірювання величезних відстаней з відліком часу;

- короткий оптичний імпульс лазера із високою піковою потужністю покращує якість краю та мінімізує зону теплового впливу;
- стабільність потужності (в межах 1%) забезпечує високий рівень повторюваності процесу;
- відсутність шкідливих викидів;
- стійкість та довговічність нанесеного зображення, безконтактність процесу та відсутність затратних матеріалів [11].

### Результати досліджень

Спостерігаючи за інтенсивним розвитком лазерів, практично щороку з'являються нові їх види – хімічні, ексимерні, напівпровідникові, лазери на вільних електронах та ін. У залежності від матеріалу і бажаного процесу обробки різні типи лазерів використовують різні джерела живлення. Найпоширенішими для різання, свердління та мікрообробки матеріалів є CO<sub>2</sub> та Nd:YAG лазери, які дозволили виготовляти більш дрібні деталі за допомогою лазерної обробки в порівнянні зі звичайними техніками гравірування. Популярним вибором для мікрообробки стали лазери з короткими імпульсами (пікосекундні (ps) і фемтосекундні (fs)) завдяки високій гнучкості і дуже малій зоні індукованого теплового впливу (ТВ). Фемтосекундні лазери забезпечують високоякісну мікрообробку з мінімальними термічними пошкодженнями, оскільки коротка тривалість імпульсу призводить до високої пікової потужності. У результаті матеріал видаляється випаровуванням, а не плавленням, як це відбувається при довгому імпульсі (тобто наносекундні) або безперервною лазерною обробкою матеріалу. Наносекундні лазери зазвичай забезпечують вищу енергію з відносно нижчою частотою повторення, створюючи більше теплового пошкодження, ніж пікосекундні та фемтосекундні лазери.

На ринках упаковки та етикетки механічне (або штампове) розрізування чи висікання добре підходить для великих обсягів стандартної продукції. Інновації є ключовою відмінністю, оскільки тенденції пакувальних етикеток полягають у регулярній зміні їх форми та розміру, а також використання нових матеріалів, тому пакувальна галузь потребує гнучких інструментів. При використанні будь-якої лазерної обробки тип використовуваної потужності залежить від двох основних факторів: матеріалу, який потрібно обробити, та швидкості його обробки. Як правило, бажана швидкість лазерного джерела пропорційна необхідному рівню потужності. Враховуючи, що лазер випромінює промінь поляризованого світла з певною довжиною хвилі, деякі матеріали добре поглинають певні довжини хвиль, інші ні. Вибір довжини хвилі лазера, яка краще поглинається певним матеріалом забезпечує швидкий процес і високу якість обробки. Устаткування на основі CO<sub>2</sub>-лазера добре зарекомендувало себе в багатьох галузях і стало інструментом вибору як для вузьких, так і широких веб-додатків. У секторі упаковки найбільш

використовуваний вуглекислотний CO<sub>2</sub>-лазер з довжиною хвилі 10,6 мікрометра, яка належить до далекої інфрачервоної області і дуже добре поглинається органічними матеріалами. На ринку, де домінуючими товарами є паперові етикетки, перевагу надають лазерам з довжиною хвилі 10,6 мкм, яка забезпечує на 10% більше потужності, ніж лазер з довжиною хвилі 10,25 мкм. Комбіновані матеріали (PP, PET тощо), які використовуються при виготовленні етикетки та харчової упаковки обробляються при довжині хвилі CO<sub>2</sub> 10,2 мкм. Якщо планується обробляти різноманітність матеріалів, необхідно оптимізувати налаштування для кожного матеріалу з підбором найбільш відповідної довжини хвилі лазера для забезпечення гнучкості процесів маркування, різання чи гравірування.

Іншим ключовим фактором є стабільність лазера. Самоклеючі етикетки в основному складаються з 3 шарів: носій або підкладка, яка легко відокремлюється, сполучний агент (клеювий шар) і верхній шар з паперу чи плівки, призначений для друкування («наклейка»). Для їх розрізування лазер повинен розрізати наклейку та склеювальний агент, не пошкоджуючи матеріал носій. Для заданої форми етикетки під час різання паперу використовується лазер зазвичай з високим робочим циклом, тоді як під час різання поліпропілену лазер використовується з нижчим робочим циклом. Наявність стабільного лазера в усьому діапазоні потужності дозволяє контролювати глибину різання а, отже, якість обробки [11].

Функція регулювання потужності лазерного устаткування адаптує режим його роботи до процесу обробки, керуючи частотою, потужністю та робочим циклом лазера в режимі реального часу, тобто синхронно контролює потужність лазера й осі подавання під час обробки складних деталей на високих швидкостях.

При вивченні фізичних явищ та дослідженні впливу режимних факторів процесу лазерної обробки необхідно розглянути структуру лазера (рис. 1). Типовий лазер складається з трубки, всередині якої розміщений твердий кристал, найчастіше рубін. З обидвох торців вона закрита дзеркалами: прозорим і частково прозорим. Під дією електричного розряду в трубці атоми кристалу генерують світлові хвилі, які переміщуються від одного дзеркала до іншого до тих пір, поки не наберуть інтенсивності, достатньої для проходження через частково прозоре дзеркало.

Утворення лазерного променя включає наступні етапи.

**1 етап** – при виключеному лазері електрони всіх атомів (на рис. 2 – чорні крапки на внутрішніх колах) займають основний енергетичний рівень.

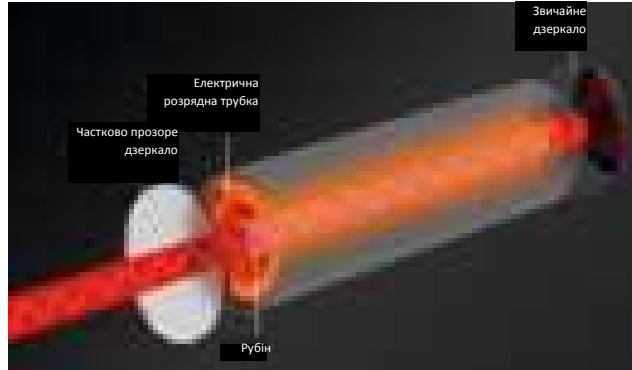
**2 етап** – момент після включення лазера.

Під дією енергії з розрядної трубки електрони переміщуються на більш високі енергетичні орбіти (на рис. 3 – зовнішні кола).

**3 етап** – утворення променя.

Електрони покидають високі енергетичні орбіти та опускаються до основного рівня (рис. 4). При цьому вони починають випромінювати світло і

спонукають до цього решту електронів, в результаті чого утворюється загальний результуючий пучок світла з однаковою довжиною хвилі у кожному джерелі. Чим більше нових електронів повернется до низьких орбіт, тим потужніше світло лазера.



а



б

Рисунок 1 – Структура лазера

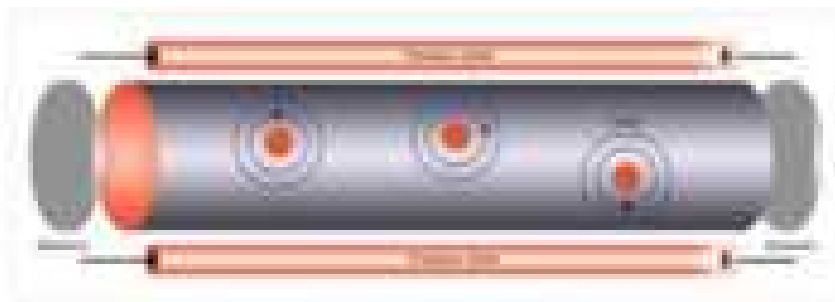


Рисунок 2 – Виключений лазер

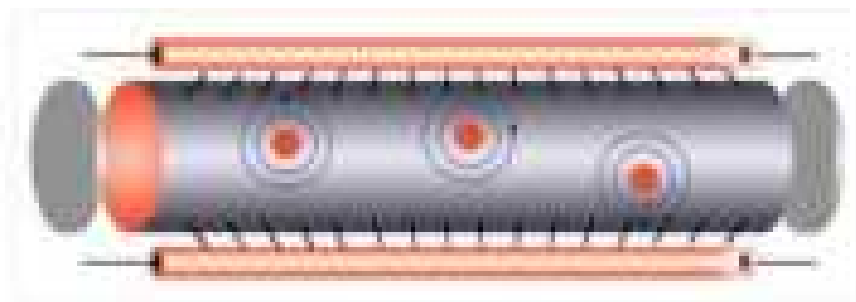


Рисунок 3 – Момент після включення лазера

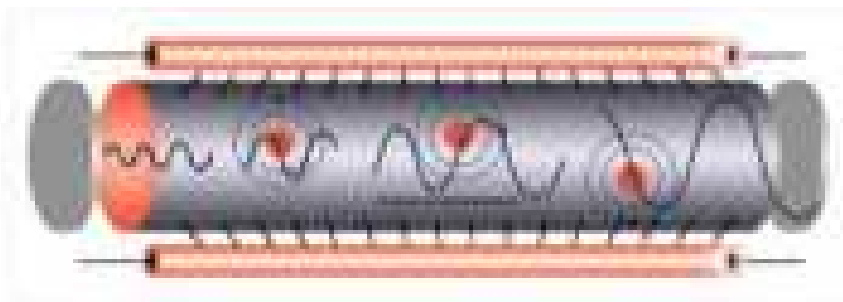


Рисунок 4 – Утворення променя

Для лазера характерна висока **різкість фокусування**. Довжина світлової хвилі у лазерному пучку тільки одна, тому і колір також один. Це світло чітко фокусується лінзою майже повністю в одній точці (рис. 5, а – світло лазера, рис. 5, б – природне світло). Порівнюючи світло лазера з природним світлом, видно, що останнє не може мати настільки різкий фокус. Завдяки концентрації у вузькому промені величезної енергії лазер здатен передати цей промінь на гігантські відстані, уникаючи розсіювання і ослаблення, що властиво багатоколірному світлу – природному. Саме ці якості лазера перетворюють його у незамінний інструмент для людини.

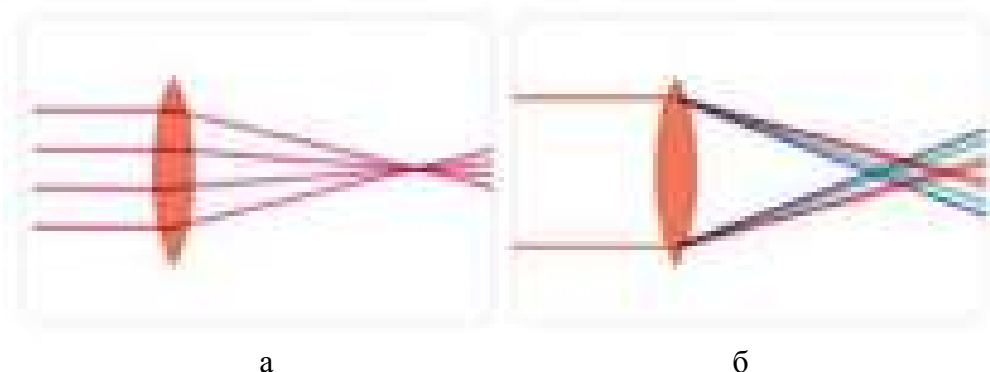


Рисунок 5 – Фокусоване лінзою світло: а – світло лазера, б – природне світло

Лазерне випромінювання може утворюватись тільки у так званому «активному середовищі», яким є спеціальна речовина. У перших лазерах вона складалася з кристалів рубіну або алюмоітрієвого гранату. Сформований з неї циліндр або стержень вставляють у резонатор, що складається з двох паралельних одне до одного дзеркал. Переднє дзеркало є частково прозорим, а заднє звичайним, яке повністю відбиває світло. Поруч зі стержнем (циліндром) монтується імпульсна лампа. Циліндр та імпульсна лампа оточені дзеркалом, виготовленим з кварцу, на який нанесено шар металу. За допомогою дзеркала світло збирається на циліндрі.

Склад «активного середовища» такий, що у кожному з його атомів є як мінімум три енергетичних рівні. У спокійному стані атоми «активного середовища» розташовуються на нижньому енергетичному рівні  $E_0$ . Як тільки включається лампа, атоми поглинають енергію її світла, піднімаються на рівень  $E_1$  і досить довго перебувають у такому збудженому стані. Саме це і забезпечує лазерний імпульс.



До фундаментального фізичного поняття належить інверсна заселеність – стан середовища, коли кількість часток на будь-якому верхньому енергетичному рівні атому (будь-якому з існуючих) більша, ніж на нижньому. Власне, активним і є те середовище, у якому рівні інверсно заселені.

Електрони атому не розташовуються хаотично, а оточуючи ядро, займають певні орбіти. Атом, що отримав квант енергії, з величезною вірогідністю переходить у стан збудження, який характеризується зміною орбіти електронами – з найнижчої (метастабільної або основної) на орбіту, що характеризується більш високим рівнем енергії. На такій орбіті тривале знаходження електронів неможливе, тому відбувається їх мимовільне повернення до основного рівня. У момент повернення кожен електрон випромінює порцію світла, що зветься фотоном. Одним атомом запускається ланцюгова реакція і електрони багатьох інших атомів також переміщуються на орбіти з більш низькою енергією. Однакові світлові хвилі рухаються величезним потоком. Зміни цих хвиль узгоджені у часі і в результаті формують загальний потужний світловий пучок, який є лазерним променем. Потужність променю у частини лазерів настільки велика, що здатна розрізувати метали, камінь та інші важко розрізувані матеріали.

Узагальнюючи, можна виділити такі властивості лазерного випромінювання:

- світло від лазера має особливі і дуже цінні властивості, що вигідно відрізняють його від світла звичайних теплових джерел;

- випромінювання лазера когерентне і практично повністю монохроматичне. Раніше подібні властивості мали тільки радіохвилі від добре стабілізованих передавачів;

- розповсюдження вимушеного випромінювання відбувається тільки вздовж осі резонатора. У зв'язку з цим, розширення лазерного променя дуже слабе, має майже непомітне розходження (кілька кутових секунд);

- здатність лазерного променя фокусуватись у крапку неймовірно маленького розміру. Енергія у крапці його фокусу має величезну щільність;

- завдяки монохроматичності випромінювання і надзвичайної щільності енергії, лазерне випромінювання може досягати дуже високих температур. Наприклад, температура випромінювання імпульсного лазера потужністю порядку петаواتу (10<sup>15</sup> Вт) складає більше 100 мільйонів градусів [1, 12].

## **Висновки**

СО<sub>2</sub>-лазери використовуються в широкому діапазоні галузей промисловості та застосувань, оскільки пропонують підвищену гнучкість виробництва, покращений час виробництва та менші експлуатаційні витрати.

Лазерна обробка має широкий спектр застосування від мікро/нанотехнологій виготовлення до поверхневої обробки, структурування, модифікації та керованої поверхневої пластичної деформації. Лазер як взаємодія матерії є складним явищем, а прогрес у застосуванні лазерної обробки вимагає

точного опису різних процесів, що відбуваються під час роботи лазера при взаємодії з різними матеріалами. Прогнозування реакції лазерної обробки для конкретного застосування здійснено шляхом встановлення зв'язку між входом параметрів процесу (параметри лазера та умови роботи) та виходом (результуюча властивість «оброблюваний матеріал»). Для цього вивчено фізичні явища та вплив режимних факторів процесу лазерної обробки для встановлення та підтвердження зв'язку між параметрами лазерного процесу, умовами праці та вихідними параметрами. Це дозволяє визначити точність, повторюваність і надійність лазерного процесу, що забезпечить використання даних методів різними галузями промисловості, які все більше впроваджують нові лазерні технології.

#### Список літератури.

1. Acland, T. (2019, Jun 11). What are lasers?. Science & Education. <https://hitecher.com/articles/what-are-lasers>
2. Kannatey-Asibu, E. (2009). Principles of Laser Materials Processing, (4), 820. <https://doi.org/10.1002/9780470459300>.
3. Savchenko, O. (2021). Prospects of CO<sub>2</sub> laser treatment of materials. Topical issues, achievements and innovations of fundamental and applied sciences: Abstracts of X International Scientific and Practical Conference (Lisbon, Portugal, March 09-12), 315-318. <https://isg-konf.com>.
4. Karthik, D., Kalainathan, S., & Swaroop, S. (2015). Surface and Coatings Technology Surface modification of 17-4 PH stainless steel by laser peening without protective coating process. Surface and Coatings Technology, (278), 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.08.012>.
5. Савченко, О.М. (2020). Експериментальні дослідження впливу параметрів випромінювання СО<sub>2</sub>-лазера на процес гравіювання полімерів. Квалілогія книги, 2(38), 88-97. <http://www.uad.lviv.ua/naukovi-vydannia/52-kvalilohiia-knyhy/233-arkhiv-vydannia-kvalilohiia-knyhy>.
6. Riveiro, A., Soto, R., Del Val, J., Comesaña, R., Boutinguiza, M., Quintero, F., Lusquiños, F., & Pou, J. (2014). Laser surface modification of ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE) for biomedical applications. Appl. Surf. Sci., (302), 236-242. <https://doi.org/10.1016/J.APSUSC.2014.02.130>.
7. Riveiro, A., Pou, P., Del Val, J., Comesaña, R., Arias-González, F., Lusquiños, F., Boutinguiza, M., Quintero, F., Badaoui, A., & Pou, J. (2020). Laser texturing to control the wettability of materials. Procedia CIRP, 879-884. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.09.065>.
8. Lesyk, D.A., Soyama, S., Mordyuk, B.N., Martinez, S., Dzhemelinskyi, V.V., & Lamikiz, A. (2021). Comparison of advanced techniques for mechanical surface treatment of stainless steel parts. Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта: матеріали XXII міжнародної науково-технічної конференції, 86-89. <https://doi.org/10.20535/2409-7160.2021.XXII.240462>.
9. Sohrabpoor, H., Riedh Al Hamaoy, A., Issa, A., & Ul Ahad, I. (2017). Development of Laser Processing Technologies via Experimental Design. In book: Advances in Laser Materials Processing: Technology, Research and Applications, (p. 707-729). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101252-9.00024-8>.
10. Luxinar. (б. д.). CO<sub>2</sub> lasers for packaging and printing industries. <https://www.luxinar.com/news/co2-lasers-for-packaging-and-printing-industries/>.
11. Elenlaser. (б. д.). CO<sub>2</sub> laser marking for the packaging industry. Режим доступу: <https://elenlaser.com/blog/co2-laser-marking-packaging-industry.html>.
12. Mehrpouya, M., Lavvafi, H., & Darafsheh, A. (2017). Microstructural Characterization and Mechanical Reliability of Laser-Machined Structures. In book: In *Advances in Laser Materials Processing: Technology, Research and Applications*, (p. 731-761). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101252-9.00025-X>.

УДК 004.8

## ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ – КРЕАТИВНИЙ ПОМІЧНИК ДИЗАЙНЕРА

**Каук В.І.**

к.т.н., доцент, кафедра «Програмної інженерії»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Досліджується роль генеративного штучного інтелекту (ГШІ) як креативного помічника для дизайнерів. Використовуючи накопичений досвід, ГШІ здатний створювати нові об'єкти та ідеї, сприяючи уникненню повторень та забезпеченню оригінального підходу до проєктів. Він автоматизує рутинні завдання, такі як генерація варіантів дизайну та форматування, що дозволяє дизайнерам зосередитися на творчих аспектах своєї роботи і сприяє ефективній роботі над проєктами.*

***Ключові слова:** ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, ГЕНЕРАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ДИЗАЙН, ВЕБСЕРВІСИ.*

### **Вступ**

Генеративний штучний інтелект (ГШІ) представляє собою відносно новий вектор розвитку штучного інтелекту, який характеризується здатністю спонукати людину до створення нових об'єктів та ідей на основі накопиченого попереднього досвіду. Застосування ГШІ охоплює різноманітні галузі, включаючи сферу дизайну, де він може виступати в якості креативного помічника для дизайнерів. Одним із ключових аспектів ГШІ є його здатність генерувати нові об'єкти та ідеї, спираючись навчені моделі (як загального так і спеціалізованого видів). Це означає, що ГШІ здатний використовувати інформацію, отриману з попередніх проєктів, для створення нових дизайнів, що відповідають певним критеріям, які у свою чергу можуть динамічно змінюватись відповідно до галузі застосування та вимог замовника.

Таким чином, ГШІ може виявитись незамінним інструментом для дизайнерів, допомагаючи їм уникнути повторень та забезпечити оригінальний підхід до проєктів. Крім того, він здатен пропонувати нові ідеї та концепції, які можуть бути використані дизайнерами для розробки нових проєктів, а також значно спрощувати певні процеси у дизайні та створення документів. ГШІ може автоматично генерувати варіанти дизайну на основі визначених критеріїв (формат, стиль, митець та інше), що дозволяє швидко порівняти різні варіанти та обрати найбільш оптимальний. Значними перевагами є також автоматизація рутинних завдань, таких як створення макетів або попереднє форматування. Це дозволяє дизайнерам зосередитися на більш творчих аспектах своєї роботи.

## Мета та задачі дослідження

З появленням веб сервісів з використанням ГШІ виникає багато проблемних моментів щодо того, яким чином використовувати такі веб сервіси у повсякденній діяльності людини, а можливості щодо генерації текстів, зображень, аудіо та відео змінюють роботу дизайнера. Такі зміни потрібно враховувати при підготовці студентів та навчати їх практичним навичкам володіння такими веб сервісами. У цьому дослідженні пропонуються підходи до використання ГШІ на різних етапах роботи дизайнера і окремо має бути визначено переваги та недоліки ГШІ та рекомендації щодо впровадження у освітній процес.

## Основна частина

Розглянемо вебсервіси ГШІ, які можуть допомогти дизайнерам на різних етапах проектування. На першому етапі дизайнер створює концепції дизайну, базуючись на загальних ідеях або на вимогу замовника. Вже на цьому етапі вебсервіси ГШІ допоможуть конкретизувати або навіть створити абсолютно нові ідеї для дизайну. Для цього можна використовувати вебсервіси ГШІ відомих компаній OpenAI [1], Microsoft Bing [2], Google Bard [3]. Для ефективної генерації необхідно чітко формулювати запит враховуючи особливості роботи з ГШІ.

Приклад запиту: «забудь все що було раніше, зараз ти у ролі графічного дизайнера з досвідом понад 20 років, згенеруй концепцію дизайну для плакату на тему «майбутнє України», згенеруй 100 варіантів але не показуй їх, а серед них обери три найкращих для простої реалізації у вигляді плакату і опиши концепції у вигляді опису, де чітко вказані всі елементи плакату, їх кольори та розташування».

З прикладу можна визначити наступні особливості:

- якщо ми не бажаємо щоб ГШІ вчився на наших попередніх запитах. то ми маємо йому дати вказівку забути все що було раніше, або якщо попередні сеанси діалогів допомагають у генерації ідей (наприклад вони були з цієї ж предметної галузі), то можна вказати що необхідно враховувати попередню інформацію;
- призначаємо роль (профіль) у якому буде виступати ГШІ;
- завдання для генерації (наприклад ідеї, або концепцій);
- інструкція щодо процесу генерації та відбору результатів;
- формат подання результатів.

Звісно це не універсальна структура запиту але вона вже є ефективною з урахуванням особливостей ГШІ. Наведемо приклади відповідей (тільки перші варіанти без редагування).

Open AI: «Концепція 1: «Символічний сплав». Ця концепція побудована на використанні символічних елементів, які представляють майбутнє України. У центрі плакату розташований великий градієнтний символ сонця, що

символізує енергію та нову добу. Навколо символу сонця розташовані малі ілюстрації, що відображають різні аспекти майбутнього України, такі як розвиток технологій, космічні дослідження, сталий розвиток, культура та освіта. Кольорова палітра включає в себе яскраві та насичені відтінки, що викликають почуття оптимізму та ентузіазму».

Microsoft Bing: «Плакат зображує контур обличчя молодої людини на фоні жовто-блакитного прапора. Обличчя складається з багатьох маленьких фотографій людей різного віку, статі, національності, професії тощо, які живуть в Україні. На обличчі написано «Україна – це ми». Плакат викликає асоціації з розмаїттям, єднанням та гордістю».

Google Bard: «На цьому плакаті використовується більш абстрактний дизайн, щоб представити майбутнє України. Фоном плаката є колаж із зображень, які представляють різні аспекти української культури, такі як Чорнобильська катастрофа, Майдан і триваюча війна з Росією. На передньому плані простягнута рука символізує надію на краще майбутнє. Слова «Майбутнє України» написані різними шрифтами, що символізують різноманіття країни».

При цьому слід вказати що до веб сервісів Open AI та Microsoft Bing запити було зроблено українською мовою, а до веб сервісу Google Bard – англійською.

На даний момент тільки Microsoft Bing за наданою відповіддю готовий одразу згенерувати варіанти зображень, які представлені на рис. 1.

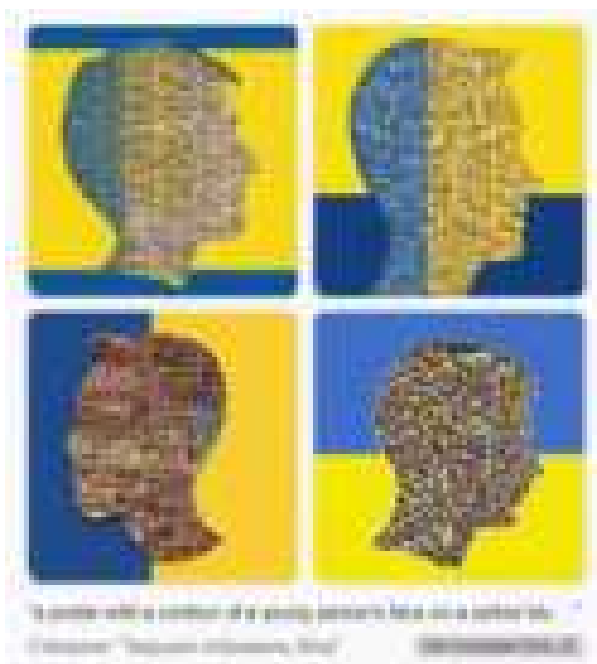


Рисунок 1 – варіанти плакатів згенеровані Microsoft Bing за запитом

Для генерації ідей існують і більш спеціалізовані вебсервіси, наприклад Ideanote [4].

На рис. 1 ми бачимо напис, який свідчить про те що зображення генеруються за допомогою моделі машинного навчання DALL-E. Ознайомитись з роботою цієї моделі в реалізації від OpenAI ми можемо на веб

сервісі [5]. Якщо просто ввести запит до ГШІ, який було розглянуто вище, як пропозиція від OpenAI, то ми отримуємо результат, наведений на рис. 2.



Рисунок 2 – варіанти плакатів згенеровані Open AI DALL-E за запитом

Слід відзначити що існує обмеження у символах на розмір запиту. Також у цій системі є можливість генерувати зображення за подібністю. Приклад такої генерації, коли взято один з варіантів згенерованих у Microsoft Bing представлено на рис.3.



Рисунок 3 – варіанти плакатів згенеровані Open AI DALL-E за зразком

Цей вебсервіс [5] існує у демонстраційному режимі для демонстрації роботи цієї моделі машинного навчання і не дозволяє зробити налаштування або донавчання моделі.

Існують більш професійні системи генерації зображень, розглянемо деякі з них. Перше на що потрібно звернути увагу на формування професійного запиту саме до систем ГШІ, які генерують зображення. У загальному вигляді структура такого запиту може бути наступною.

1. [Тип зображення]: (пейзаж, портрет, натюрморт, абстракція).
2. [Стиль]: (реалістичний, імпресіоністичний, експресіоністичний, кубізм).
3. [Предмет/сюжет]: (людина, тварина, місто, природа, автомобіль).
4. [Освітлення]: (світло-тінь, пряме/непряме освітлення, розсіяне освітлення, півтінь).
5. [Пора року]: (весна, літо, осінь, зима).
6. [Кольорова гама]: (яскрава, пастельна, монохромна, контрастна).
7. [Розташування елементів]: (групування, симетрія, асиметрія, хаотичне розташування).
8. [Техніка]: (акварель, олійна фарба, акрил, темпера, гуаш).
9. [Творець]: (як Рембрандт, Сальвадор Далі).

10. [Розмір]: (малюнок в книзі, середнього розміру картина на полотні, великий мурал).

Якщо переробити запит для генерації зображення то ми отримаємо наступне: «абстракція, реалістичний стиль, у центрі розташований великий градієнтний символ сонця, навколо символу сонця розташовані малі ілюстрації, що відображають розвиток технологій, космічні дослідження, сталий розвиток, культуру та освіту, світлотінь, літо, яскрава кольорова гама, симетричне розташування об'єктів, акрилова техніка, як Енді Ворхол (Andy Warhol), у вигляді плакату».

Нове зображення, яке згенерував вебсервіс [5] можна побачити на рис. 4.



Рисунок 4 – варіанти плакатів згенеровані Open AI DALL-E за розширеним запитом

Якщо порівнювати результати після двох різних запитів (рис. 3 та рис. 4), то ми бачимо що результати ГШІ дуже залежать від стилю та структури запитів.

Тепер розглянемо більш професійну систему генерації зображень Adobe FireFly [6]. Цей веб сервіс дозволяє вводити запити лише на англійській мові і має дуже багато цікавих налаштувань. Якщо ввести доволі простий запит (наприклад той що згенерував Microsoft Bing), то ми отримаємо результат, представлений на рис. 5.



Рисунок 5 – варіанти плакатів згенеровані Adobe FireFly за запитом

На рис. 5 ми бачимо вже якісне зображення у повноцінному форматі, навіть без більш детального запиту. Крім того, вебсервіс має багато налаштувань і просунуту систему збору зворотного зв'язку з користувачем. При наведенні на кожне з зображень користувач може здійснити набір певних дій (рис. 6), а саме:

- згенерувати подібне зображення;
- змінити фон зображення;
- додати до галереї системи;
- використати зображення як основу для подальшої генерації на основі запиту;
- копіювати зображення до пам'яті;
- вивантажити зображень;
- відзначити зображення як таке що сподобалось;
- оцінити (сподобалось чи не сподобалось), при оцінці надавати розгорнутий відгук;
- повідомити про помилку.



Рисунок 6 – можливості роботи з зображенням у Adobe FireFly

Для того щоб ще більш гнучко працювати з генерацією у веб сервісі є багато окремих налаштувань, частину яких ви можете бачити на рис. 7. Ви можете обрати розмір, 3 типи змісту (фото, мистецтво, графіка), різні види стилів, які згруповані за розділами (техніки, ефекти, матеріали та інше).

Крім того, ви можете налаштовувати кольори, освітлення та композицію.

Веб Сервіс обмежує розмір запиту, але завдяки широким можливостям налаштування можна реалізовувати складні комбінації параметрів.

Цей сервіс [6] компанія Adobe вже додала до своїх головних продуктів, а компанія Microsoft анонсувала що буде використовувати цю систему у своїх продуктах, що пов'язані з генерацією зображень.





Рисунок 7 – налаштування генерації зображень у Adobe FireFly

Розглянемо ще одного з лідерів ринку дизайнерських платформ вебсервіс Canva [7]. Доволі недавно на веб сервісі були інтегровані нові можливості з використання ГШІ, а саме: видалення фону (як на зображенні так і на відео), магічна гумка (видалення об'єктів з відновленням фону), магічне редагування (заміна об'єктів на зображенні), додавання тіней, автофокусування, розмиття, створення прототипів продуктів (mockups) та інше. Також була додана можливість генерації зображень за текстовими запитами (з обмеженням довжини запиту та невеликою кількістю налаштувань). Приклад згенерованих зображень за вищенаведеними запитом представлено на рис. 8.



Рисунок 8 – Варіанти зображень згенеровані Canva за запитом

Наостанок розглянемо найбільш потужну платформу для генерації зображень за допомогою різних моделей ГШІ, а саме Leonardo AI [8]. На цій платформі дизайнер може обрати модель, налаштування, генерувати запит (на основі ідеї або на основі зображення). Більш того платформа працює не тільки на власних моделях, але й на спеціалізованих моделях, які розробляє спільнота дизайнерів. Результат генерації (без особливих налаштувань) за запитом який розглядався вище представлений на рис. 9.

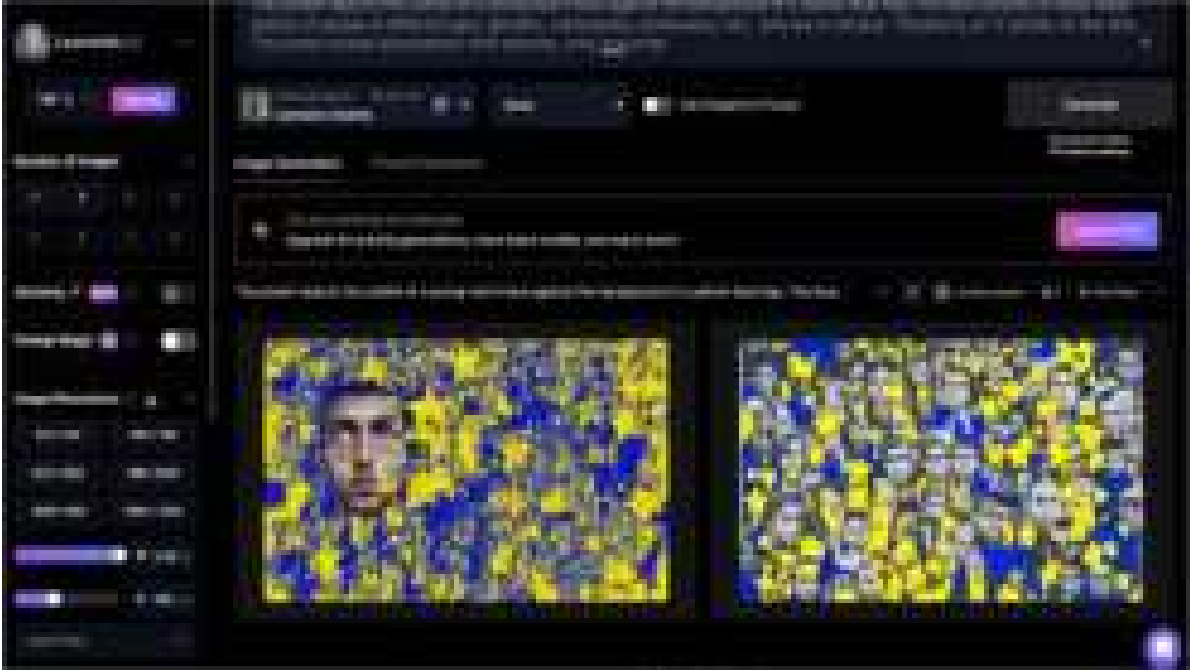


Рисунок 9 – варіанти зображень згенеровані Leonardo AI за запитом

На рисунку 10 представлені деякі види моделей, які навчені для певного дизайну (аніме, портрет, веб сайт, крипто NFT та інше).

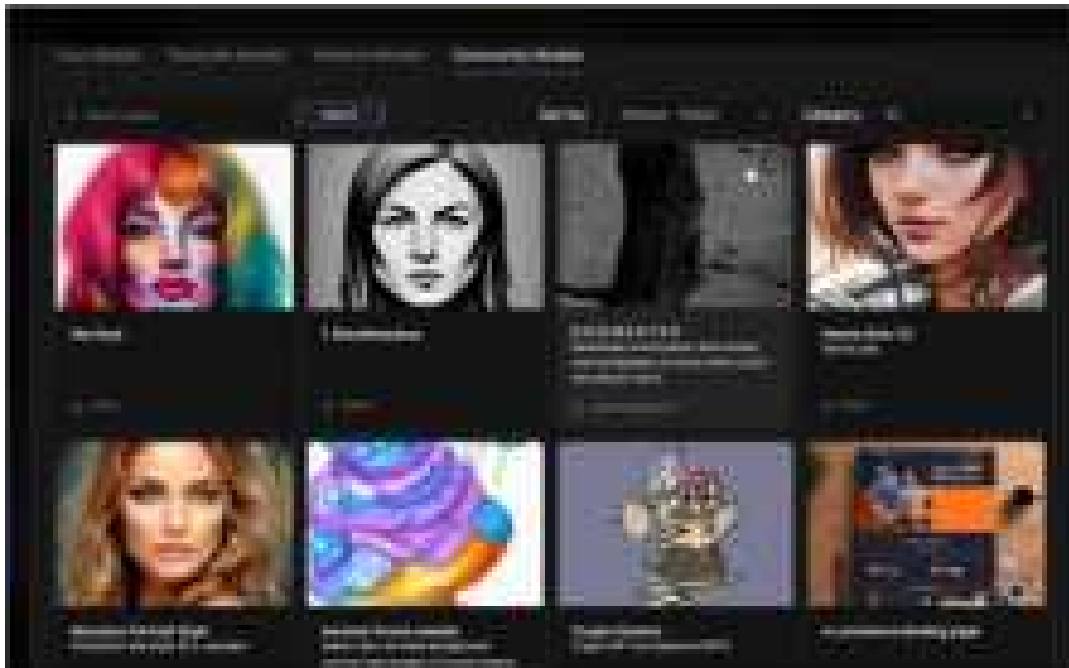


Рисунок 10 – набір моделей спільноти для Leonardo AI

Веб Сервіс Leonardo AI в першу чергу був створений для генерації необхідних зображень для різноманітних ігор і це потрібно враховувати.

Для полегшення роботи викладачам та студентам (у тому числі дизайнерам) існує багато спеціалізованих веб сервісів ГШІ. Прикладом такого веб сервісу є Goodly [9]. На рис. 11 представлено першу сторінку цього веб сервісу з набором можливостей, серед яких наступні: створення зображень за запитом, перетворення тексту у голос, написання есе, створення тестів, скорочення текстів та інше).



Рисунок 11 – Набір можливостей Goodly

Проблема створення цікавого та оригінального запита для створення зображення по шаблону який сподобався може бути вирішена за допомогою спеціалізований веб сервісів, наприклад такого як Unprompt.ai [10]. За допомогою цього ресурсу можливо шукати вже створені ГШІ зображення серед мільйонів вже створених, або спробувати підібрати згенероване зображення за файлом, який надає користувач.

На рис. 12 представлено результат пошуку згенерованих зображень за тим самим зображенням, яке було надано до веб сервісу Open AI DALL-E [5].

Надано цікаві результати пошуку, при цьому до кожного з зображень є повний опис, який включає: назву системи генерації зображення, приклад запиту (запит з виключеннями, якщо є), додаткові налаштування для системи. посилання на це зображення (на те місце, де збережене згенероване зображення). Приклад опису представлено на рис. 13.

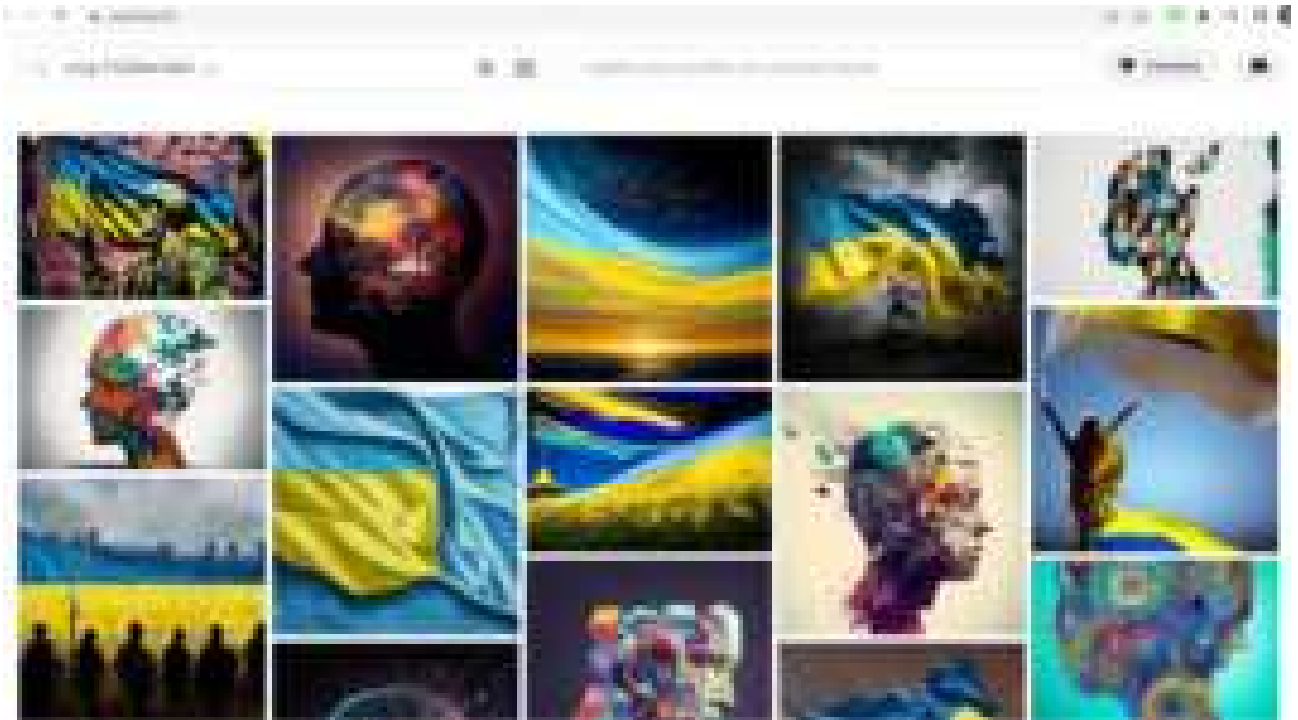


Рисунок 12 – Результат пошуку системи Unprompt.ai

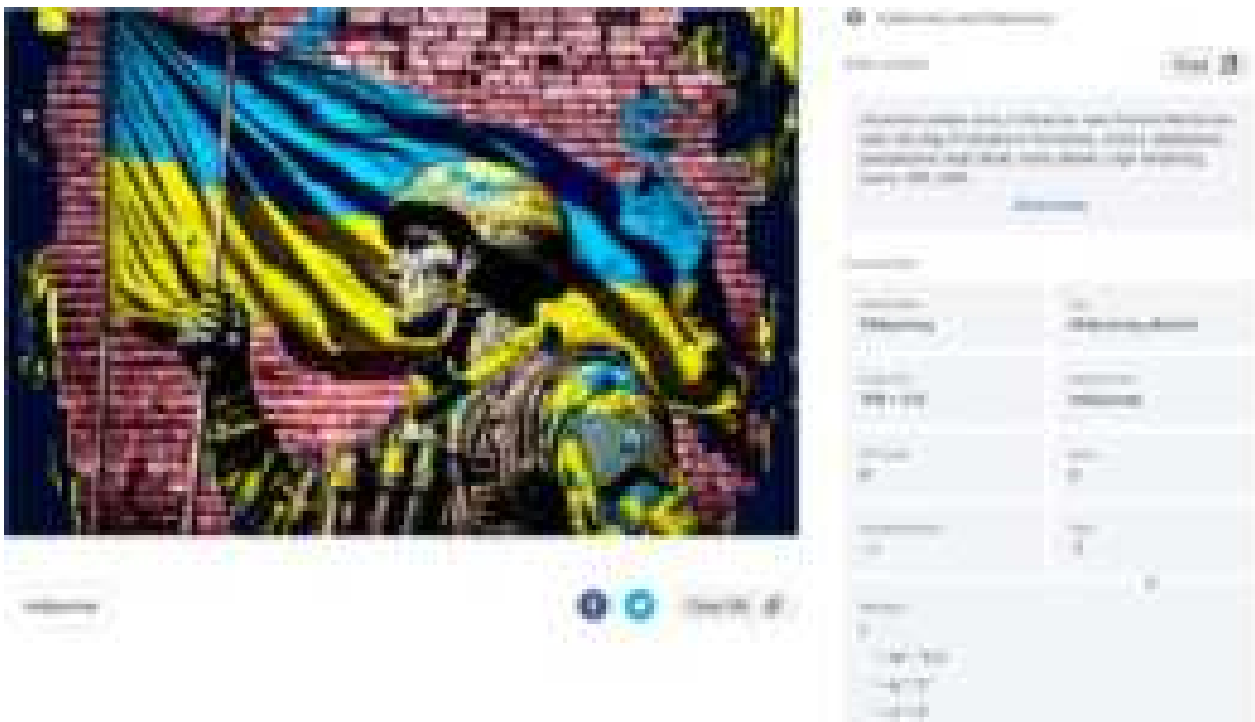


Рисунок 13 – Приклад опису зображення у системі Unprompt.ai

Системи ГШІ починають виконувати і спеціалізовані завдання, які полегшують працю викладачів. До цікавих веб сервісів нового типу належить CourseAI [11]. Цей веб сервіс дозволяє за ключовими словами (назвою курсу або розділу) створює невеликий дистанційний курс, повністю готовий до вивчення.

На рис.14 представлено результат роботи веб сервісу за ключовими словами «Web Design».



Рисунок 14 – Приклад дистанційного курсу згенерованого у системі CourseAI

### Результати досліджень

Вебсервіси ГШІ доречно використовувати на наступних етапах при роботі дизайнера:

- генерація ідей;
- створення концепцій, сценаріїв, опис персонажів;
- дослідження форматів, стилів та технік генерації зображень;
- створення прототипів від 2D- та 3D-зображень до готових веб сайтів;
- детальний опис та коментування всіх необхідних елементів дизайну у відповідних стандартах;
- отримання зворотного зв'язку від певних категорій користувачів;
- дослідження можливих перетворень дизайну з урахуванням різних критеріїв;
- створення свого власного стилю дизайну.

Особливості ГШІ, які необхідно враховувати при використанні:

- ГШІ це не пошукова система для отримання підтверджених фактів;
- для отримання релевантних результатів генерації необхідно покращувати запити і донавчати ГШІ;
- у ГШІ є можливості налаштовувати ролі (профілі) і таким чином отримувати інформацію, яка стосується вже певної категорії користувачів або дизайнерів;
- ГШІ дозволяє налаштовувати стиль (або певну «точку зору») і це потужний інструмент для врахування особливостей різних стилів (написання текстів або створення зображень);

- для суттєвого покращення результатів необхідно надавати приклади та структуру відповідей;
- необхідно розділяти на маленькі частини запити (тему розділяти на підтеми, розділи, окремі завдання) для того щоб отримати більш детальні відповіді;
- чітко слідувати обмеженням сеансів з генерації ГШІ (погано як малий сеанс спілкування так і великий);
- завжди необхідно розглядати декілька варіантів для того щоб порівняти або об'єднати результати для покращення;
- всі результати необхідно перевіряти до використання, бо іноді ГШІ генерує нереальні факти або використовує те, чого у природі не існує.

## **Висновки**

Підготовка дизайнера початківця обов'язково має включати опанування сучасних веб сервісів ГШІ. Викладач разом зі студентами може використовувати креативну потужність ГШІ для генерації готових цифрових продуктів для дизайну у різних галузях. Також необхідно використовувати веб сервіси ГШІ для автоматизації рутинних процесів та створення документації за шаблоном.

Загалом ГШІ має потенціал для революції в індустрії дизайну, надаючи дизайнерам нові способи створення, оптимізації та автоматизації різних процесів проектування.

Список літератури.

1. OpenAI. (б. д.). OpenAI. <https://openai.com/>.
2. Bing AI – Bing. (б. д.). Bing. <https://bing.com/chat>.
3. Try Bard. (б. д.). AI experiment by Google. <https://bard.google.com/>.
4. Ideanote. (б. д.). Innovation-Led Growth Platform. <https://www.ideanote.io/>.
5. DALL·E. (б. д.). DALL·E. <https://labs.openai.com/>.
6. Adobe. (б. д.). Adobe Firefly (Beta). <https://firefly.adobe.com/>.
7. Canva. (б. д.). Canva. <https://www.canva.com/>.
8. Leonardo.ai. (б. д.). Leonardo.ai. <https://leonardo.ai/>
9. Goodly. (б. д.). GPT4 Powered Educational AI. <https://goodly.ai/>.
10. UnpromptAI. (б. д.). Search 35+ Million AI Art Prompts. <https://unprompt.ai/>.
11. CourseAI. (б. д.). Create courses with AI-powered authoring tool. <https://courseai.co/>.

## ANNOTATIONS

UDC 655.41:004

### ANALYSIS OF AUTHORITY MANAGEMENT SYSTEMS IN AUTOMATED DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS

**Durnyak B.V.**

Dr. Sc., Professor, Honoured Worker of Science and Technology of Ukraine,  
Rector of Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Sikora L.S.**

Dr. Sc., Professor, Full Member of the Engineering Academy of Ukraine,  
Professor of the Department of Automated Control Systems of the Institute of  
Computer Sciences and Information Technologies, Lviv, Ukraine

**Sabat V.I.**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information  
Multimedia Technologies  
of Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Kuhot V.O.**

graduate student of the Department of Information Multimedia Technologies  
of Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

***Abstract.** The article examines the features of the construction of the authorization management system for automated document management systems (ADMS), which is integrated into the structure of the hierarchy of organizations under the conditions of active attacks and threats to the information system. Based on the analysis of the terminal cycle of the technogenic hierarchy management process under the conditions of the risk of threats and attacks, the use of a conditional-modified authority management system is substantiated, which would take into account the specifics of the functioning of automated document management systems and would have the ability to respond to any negative changes or factors.*

***Keywords:** THREATS, ATTACKS, AUTHORITY MANAGEMENT SYSTEMS, AUTOMATED DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS.*

**UDC 004.056.5**

**ABOUT DESIGN OF SECURITY PRINTING ELEMENTS WITHIN  
THE EDUCATIONAL DISCIPLINE "INFORMATION SECURITY  
IN PRINTING"**

**Andrii Biziuk**

Candidate of Technical Science (PhD), Docent,  
Professor at the Department of the "Mediasystem and technology"  
Kharkiv National University of Radioelectronics

***Abstract.** In research the methods of security printing elements of the printed wares due to graphic elements (like raster and striped plates, latent images and others) are considered. Accordingly methods of this effects design in the process of practical employments within educational discipline "Information Security In Printing" of MST department of KNURE are described.*

***Keywords:** INFORMATION SECURITY IN PRINTING, PROTECTING OF PRINTING WARES FROM FALSIFICATION, SECURITY ELEMENTS, LATENT IMAGES, LINEAR RASTER.*

**UDC 378.14 : 655.4**

**METHODOLOGY FOR DETERMINING THE FORMED PROFESSIONAL  
COMPETENCIES OF HIGHER EDUCATION STUDENTS IN THE  
DISCIPLINE "PUBLISHING AND TECHNICAL EDITING"**

**Andriushchenko T.**

senior lecturer,  
Department of Computer Systems and Technologies,  
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

***Abstract.** This study considers the methodology for assessing the effectiveness of professional competencies of higher education students on the example of the educational and professional program "Technology of Electronic Multimedia Publications" of specialty 186 Publishing and Printing. The criteria and indicators of the effectiveness of professional competencies are defined and substantiated, and it is proposed to consider the criteria and indicators taking into account the modern requirements of the publishing and printing industry.*

***Keywords.** PROFESSIONAL COMPETENCIES OF HIGHER EDUCATION STUDENTS, ASSESSMENT METHODOLOGY, EFFECTIVENESS OF PROFESSIONAL COMPETENCIES.*



UDC 004.4:681.322

## CYRILLIC ALPHABET IN L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. PROBLEMS. ACHIEVEMENTS. PRACTICE

**Azarenkov V.I.**

Ph.D., Associate Professor, Department of System Analysis  
and information and analytical technologies,  
National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

***Abstract.** The issue of cyrillicization of L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X is touched upon. The problems and existing ways to solve them are shown. The analysis of the most popular approaches to the typing and layout of scientific texts in the Cyrillic alphabet is carried out. From open sources, a guide for preparing texts in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X was collected, translated, formed and proposed, taking into account national rules for layout and publication of scientific literature.*

***Keywords:** T<sub>E</sub>X, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, N<sub>C</sub>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, N<sub>C</sub>CTOOLS, N<sub>C</sub>CCLASS, CYRILLIZATION, LAYOUT, LAYOUT SYSTEM.*

UDC 519.2:004.8:004.62

## INFORMATION TECHNOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF A WEB PORTAL

**Fil N.Yu.**

Associate Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated  
Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University

***Abstract.** The article analyses the standards used to assess the quality of web portals. The criteria that can be used to assess the quality of a web portal are considered. The choice of a CASE tool for the development of information technology for assessing the quality of a web portal is scientifically substantiated. Using the scoring method of decision-making under conditions of uncertainty of the input information, the tool was chosen - AllFusion Modeling Suite (BPwin). A functional model of the information technology for assessing the quality of a web portal was developed using BPwin.*

***Keywords:** QUALITY, WEB PORTAL, INFORMATION TECHNOLOGY, SCORING, EXPERT DECISION-MAKING METHODS.*

UDC 371.671:004.087

## DESIGNING AN INTERACTIVE ELECTRONIC TEXTBOOK

**Pikh Iryna**

D.Sc., Professor,  
Ukrainian Academy of Printing  
Lviv Polytechnic National University

**Vsevolod Senkivskyy**

D.Sc., Professor,  
Ukrainian Academy of Printing

**Alona Kudriashova**

PhD, Associate Professor  
Ukrainian Academy of Printing

***Abstract.** A semantic network is developed and a multilevel model of factors influencing the quality of designing an interactive electronic textbook is synthesized. A prototype of an electronic textbook has been created that will contain a significant number of interactive elements and provide effective learning in accordance with the requirements of the Ministry of Education and Science of Ukraine. It can be a template for creating electronic textbooks.*

***Keywords:** E-TEXTBOOK, QUALITY FACTORS, SEMANTIC WEB, MODEL, OPTIMIZATION, INTERACTIVE ELEMENTS, SKETCH, POP-UP TIPS, NAVIGATION, FRAMEWORK, DYNAMIC CONTENT, CONTEXTUAL MODEL, ADAPTABILITY.*

UDC 004.928

## FEATURES OF ANIMATION TECHNOLOGY FOR SUCH ADVERTISING

**Adashevska I.**

Ph. D., assoc. prof., National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»

**Kraievska O.**

assoc. prof., National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»

**Shelihova I.**

Ph. D., assoc. prof., National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»

***Abstract.** Multimedia technologies are an element of information technologies that allows you to present information to users interactively in various forms of interaction. Given that animation is now one of the most important factors in the production of advertising, animation is a very effective technology for the production of media content.*

***Keywords:** ANIMATION, ADVERTISING, INFORMATION TECHNOLOGIES, 3D GRAPHICS, ADVERTISING CONTENT.*

UDC 515.2

## GUILLOSHING AS A WAY OF GRAPHIC PROTECTION OF SECURITIES FORM

**Chelombitko V.F.**

Ph.D., Associate Professor, Media Systems and Technologies Department,  
Kharkiv National University of Radio Electronics

***Abstract.** The methods of protecting documents and securities with the use of guilloche compositions, the use of ornament as a way of describing and constructing a guilloche, the use of curves with monotonic curvature functions in geometric modeling and design, the concept of the curvature of a line for describing the natural equation of a curve, examples of the construction of curves along which their curvature changes according to a given law, their implementation in the environment of the mathematical package Maple.*

***Keywords:** GUILLOCHE, GEOMETRIC ORNAMENTS, PATTERNED ROSETTES, LINES WITH CONTROLLED CURVES, NATURAL EQUATION OF CURVES, MAPLE.*

UDC 004.891.3

## MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGY OF CASE STUDY CONTINUOUS BUSINESS PROCESS MANAGEMENT

**Levykin I.V.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Media Systems and Technologies,  
Kharkiv National University of Radio Electronics

***Abstract.** According to the developed concept of organizational two-loop management of end-to-end business processes based on a precedent approach, the task of managing a set of end-to-end business processes is formulated as the task of minimizing the total waiting time for access to the resources of a set of business processes with restrictions on the execution time of each process. The distribution of business processes by hierarchy levels is presented, which allows the use of adapted elements of functional management for structural and local end-to-end business processes. A logical model of end-to-end business processes is presented, which provides an opportunity to increase the efficiency of end-to-end business process management using a precedent approach at the expense of forecasting the use of resources.*

***Keywords:** MODEL, INFORMATION TECHNOLOGY, THROUGH BUSINESS PROCESS, PROCESS MANAGEMENT, RESOURCES, PRECEDENT.*

UDC 655.226.59, 655.3.062.2

## ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF METHODS FOR ADAPTING DIGITAL COLOR IMAGES FOR REPRODUCTION

**Nataliya Zanko**

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.) Docent, Associate Professor at the  
Department of Multimedia Publishing and Graphic Systems  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Nadiia Pysanchyn**

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.) Docent, Associate Professor at the  
Department of Multimedia Publishing and Graphic Systems  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Tetyana Holubnyk**

of Technical Sciences (Ph. D.) Docent, Associate Professor at the Department of  
Multimedia Publishing and Graphic Systems  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Ludmyla Maik**

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.) Docent, Associate Professor at the  
Department of Multimedia Publishing and Graphic Systems  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Bohdan Kovalskyi**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Multimedia  
Publishing and Graphic Systems  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

***Abstract.** The article considers the issues of ensuring an optimal transition to the CMYK system, related to the consideration of factors influencing the color reproduction on a printing impression at the stage of prepress processing of digital images. The combination of classical color separation technology and new specialized software allows to bring the colors on the print as close as possible to the original.*

***Keywords:** COLOR CONVERSIONS, STANDARD PROFILES, COLOR SPACE, COLOR GAMUT, COLOR COORDINATES.*

**UDK 655.533:004.915**

## **USING OF LaTeX PUBLISHING SYSTEM TO THE ILLUSTRATION DESIGN FOR SCIENCE WORKS**

**Vlashchenko L.G.**

vice head of the Science library,  
Kharkiv National University of Radio Electronics

**Deineko Zh.V.**

PhD, professor, department of Media Systems and Technologies  
Kharkiv National University of Radio Electronics

**Nikitenko O.M.**

PhD, database administrator of the Science library,  
Kharkiv National University of Radio Electronics

***Annotation.** The results of any research, both scientific and research, require graphic interpretation for better understanding. The tikz and pgfplots packages of the LATEX publishing system help to plot various functions using the plot and addplot commands. A comparative analysis of graphics using plot and addplot commands was carried out. Examples of building other graphic objects using the tikz and pgfplots packages are given.*

***Keywords:** LATEX, TEX, TIKZ, PGFPLOTS, PLOT, ADDPLOT.*

**UDK 159.93**

## **FEATURES OF COLOUR REPRODUCTION AT THE NARGUS FLEXOGRAPHIC PRINTING FACTORY**

**Chebotarova Iryna**

Senior Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,  
Kharkiv National University of Radio Electronics

**Yatsenko Larysa**

Senior Lecturer, Department of Media Systems and Technologies,  
Kharkiv National University of Radio Electronics

***Abstract.** The paper examines in detail the features of the main technological processes of color reproduction at the active flexographic enterprise of Nargus LLC. In order to improve the quality of color reproduction on non-absorbent materials, an analysis of the defect was carried out at the "Nargus" enterprise and proposals for its elimination were developed. The regulatory and technical documentation used at the printing company, the stages and stages of the development of printed products, the peculiarities of pre-press preparation and the production of flexo forms were also analyzed, and the factors affecting the quality of printing were determined. Based on the results of the research, a technique for choosing flexographic forms for printing on non-absorbent materials and a technique for increasing the speed of paint selection and recommendations for its use were developed.*

***Key words:** FLEXOGRAPHIC PRINTING, PRINTING FORM, COLOR REPRODUCTION, NON-ABSORBENT MATERIALS, TECHNOLOGICAL OPERATIONS, PAINT SELECTION.*

**UDK 655.42+336.6**

## **ANALYSIS OF OPERATIONS IN AN AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM OF A PRINTING ENTERPRISE BUSINESSMATE**

**Ludmyla Maik**

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.) Docent, Associate Professor at the  
Department of Multimedia Publishing and Graphic Systems  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Maik Volodymyr**

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Professor at the  
Department of Printing Media Technologies and Packaging,  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

**Nataliya Zanko**

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.) Docent, Associate Professor at the  
Department of Multimedia Publishing and Graphic Systems  
Ukrainian Academy of Printing, Lviv, Ukraine

***Abstract.** This paper analyses the performance of operations in the BusinessMate automated management system for a printing enterprise. The advantages of this system, its impact on the efficiency and quality of the enterprise are considered. The potential of the automated system in the context of market changes and technological development is analysed.*

***Keywords:** AUTOMATED SYSTEM, CONTROL ELEMENTS, DATABASE, MANAGEMENT SYSTEM, PRINTING ENTERPRISE.*

**UDC 621.375.826**

## **STUDY OF REGIME FACTORS AND PHYSICAL PHENOMENA OF THE LASER PROCESSING PROCESS**

**Savchenko O.M.**

Ph.D., Associate Professor, Department of Printing Media Technologies and  
Packaging, Ukrainian Academy of Printing

***Abstract.** The classification and characteristics of laser processing methods are given. It was found that in the packaging sector, the most used carbon dioxide CO<sub>2</sub> laser with a wavelength of 10.6 micrometers belongs to the far infrared region and is very well absorbed by organic materials, in particular paper and cardboard. Combined materials (PP, PET, etc.) used in the manufacture of labels and food packaging are processed at a CO<sub>2</sub> wavelength of 10.2 microns. The key factors in the study of physical phenomena and regime factors of the laser processing process to establish and confirm the relationship between the parameters of the laser process, working conditions and initial parameters are the laser wavelength, its stability, power, processing speed, sharpness of focus, which will allow to determine accuracy, repeatability and reliability laser process.*

***Key words:** LASER PROCESSING, CARBON DIOXIDE LASER MACHINE, LASER RADIATION, PRINTING PRODUCTS, MODE FACTORS, PHYSICAL PHENOMENA.*

UDC 004.8

## GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE – A CREATIVE ASSISTANT FOR DESIGNERS

**Kauk V.I.**

Ph.D., Associate Professor, Department of Software Engineering,  
Kharkiv National University of Radio Electronics

***Abstract.** This paper explores the role of generative artificial intelligence (GAI) as a creative assistant for designers. Leveraging accumulated experience, GAI is capable of creating new objects and ideas, avoiding repetitions, and providing an original approach to projects. It automates routine tasks such as generating design options and formatting, allowing designers to focus on the creative aspects of their work and facilitating efficient project development.*

***Keywords:** ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING, IMAGE GENERATION, DESIGN, WEB SERVICES.*

## АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Durnyak B.V. .... 5	Краєвська О.О. .... 129
Fil N.Yu. .... 100	Кудряшова А.В. .... 110
Kuhot V.O. .... 5	Левикін І.В..... 192
Sabat V.I. .... 5	Маїк В.З. .... 261
Sikora L.S..... 5	Маїк Л.Я..... 174, 261
Адашевська І.Ю..... 129	Нікітенко О.М. .... 215
Азаренков В.І..... 68	Писанчин Н.С..... 174
Андрющенко Т.Ю. .... 40	Піх І.В. .... 110
Бізюк А.В. .... 21	Савченко О. М..... 274
Влащенко Л.Г. .... 215	Сеньківський В.М. .... 110
Голубник Т.С..... 174	Чеботарьова І.Б. .... 233
Дейнеко Ж.В..... 215	Челомбїтько В.Ф..... 142
Занько Н.В. .... 174, 261	Шеліхова І.Б..... 129
Каук В.І. .... 283	Яценко Л.О..... 233
Ковальський Б.М..... 174	



**Наукове видання**

**ВОВК Олександр Володимирович  
ЧЕБОТАРЬОВА Ірина Борисівна  
ДЕЙНЕКО Жанна Валентинівна**

**«Поліграфічні, мультимедійні та web-технології.  
Сучасний стан»**

**Монографія**

(укр. та англ. мовами)

*в авторській редакції*

Відповідальний редактор

Дейнеко Ж.В.

Комп'ютерна верстка

Чеботарьова І.Б.

Технічний редактор

Гобельовська Л.П.

Підп. до друку 16.07.2023. Формат 60x84 1/16. Гарнітура Nimes New Roman  
Спосіб друку цифровий. Ум. друк. арк. 17,67. Обл.-вид. арк. 9,4.  
Наклад 100 прим. Зам. № 0083



Видавець та виготовлювач: ТОВ «Друкарня Мадрид»  
Через ФОП Гобельовська Л.П.  
61024, м. Харків, вул. Гуданова, 18 Тел.: 0800 33 67 62  
www.madrid.in.ua e-mail: info@madrid.in.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК №4399 від 27.08.2012 р.