



# Modern Conditions of Development of Science, Education and Production in the World – 2025

**Series of monographs  
Slovak Publishing House  
NES Nová Dubnica s.r.o.**

**Monograph 3**

Publishing House NES  
Nová Dubnica s.r.o., 2025





# **Modern Conditions of Development of Science, Education and Production in the World – 2025**

**Series of monographs  
Slovak Publishing House  
NES Nová Dubnica s.r.o.  
Monograph 3**

**Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o., 2025**

**Editorial board :**

Róbert Hulák – PhD, NES s.r.o., Slovenská Republika

Jiří Kabelka – PhD, DEL a.s., Czech Republic

Jitka Belková – Master of Engineering and Technology, Slovenská Republika

Zdeněk Navrátil – Master of Mechanical Engineering, Czech Republic

**Reviewers :**

Filip Gabriš – PhD, NES s.r.o., Slovenská Republika

Jana Hudecová – Master of Engineering and Technology, Slovenská Republika

Zdeněk Králíček – PhD, DEL a.s., Czech Republic

Series of monographs Slovak Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o.,  
Slovenská Republika

**Monograph 3**

The authors bear full responsible for the text, quotations and illustrations

Copyright by NES Nová Dubnica s.r.o., Slovenská Republika, 2025

**ISBN 988 - 963 - 8454 - 15 - 5 - 6S**

**Editorial compilation**

Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o.

M.Gorkého 820/27, P.O.BOX

018 51 Nová Dubnica, Slovenská Republika

tel. +421-42-4401 209

**TABLE OF CONTENTS**

<b>CHAPTER 1. MODERN BASICS OF ECONOMICS, MANAGEMENT AND TOURISM</b> .....	6
1.1. Strategic Planning of Foreign Economic Activity of Enterprises: Analysis of Modern Technologies and Selection Practices .....	6
1.2. Organisational and Managerial Aspects of Implementing Strategic Changes at Enterprises in the Context of the Foreign Economic Activity Development .....	14
1.3. Improvement of Risk Management Approaches in the System of Modern Safe Functioning of the Enterprise .....	22
1.4. CRM Systems as Tools for Digitizing Customer Service in the Automobile Market .....	32
<b>CHAPTER 2. INNOVATIVE AND MODERN FOUNDATIONS OF PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY</b> .....	41
2.1. Development Peculiarities of Foreign Language Speaking Competence of Pre-Service English Teachers .....	41
<b>CHAPTER 3. IMPROVEMENT OF SCIENTIFIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF PHYSICO-MATHEMATICAL AND TECHNICAL DIRECTIONS</b> .....	62
3.1. Analysis of the Deformed Coordinate Method Used in of Wind Wave Calculations in Deep Water and Shallow Water .....	62
<b>CHAPTER 4. DIGITAL EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL TRAINING OF HIGHER EDUCATION STUDENTS IN THE ENERGY FIELD</b> .....	77
4.1. Application of Educational Software in the Educational Process of Training Higher Education Applicants in the Energy Field .....	77
4.2. Virtual Laboratory Practicum as a Form of Organization of Training in Energy Cycle Disciplines .....	80
<b>ANNOTATION</b> .....	87
<b>ABOUT THE AUTHORS</b> .....	90

## **CHAPTER 1. MODERN BASICS OF ECONOMICS, MANAGEMENT AND TOURISM**

### **1.1. Strategic Planning of Foreign Economic Activity of Enterprises: Analysis of Modern Technologies and Selection Practices**

In the context of economic globalisation and increasing competitive pressure in international markets, strategic planning is becoming a key tool for ensuring the effective functioning of enterprises in the field of foreign economic activity. High levels of uncertainty, frequent changes in the regulatory environment, currency risks and growing demands from international partners necessitate the use of modern strategic planning technologies that can adapt a company's strategy to the complex environment.

Strategic planning performs a key function in setting goals and coordinating the company's activities, focusing on solving strategically important tasks. It ensures that management decisions are focused and that the actions of all structural units are coordinated. However, practice shows that not all enterprises are aware of the importance of strategic planning and pay sufficient attention to it.

The quality of the strategic plan and the validity of the chosen strategy significantly affect the efficiency of the enterprise, the level of its competitiveness and overall performance. In this regard, the need to study strategic planning technologies is becoming more urgent, which allows to identify the state of their application, typical problems and barriers to implementation.

An analysis of scientific sources [1-4] on strategic planning shows fragmentation and insufficient depth of research in this area. Most scientific works are limited to general characteristics of the planning process, without revealing its essential aspects, stages, criteria for choosing technologies, methods of analysing strategic alternatives, principles of building strategies and mechanisms for their evaluation.

The existing research base reveals significant gaps in the coverage of technological support for strategic planning. In particular, the factors influencing the choice of a particular technology are not sufficiently considered, the content and resource characteristics of strategic plans are not described, and there is no analysis of methods of implementation and evaluation of the effectiveness of strategic decisions.

Modern strategic planning technologies involve the use of integrated approaches to the analysis of external and internal factors, the formation of strategic alternatives, the selection of optimal development directions and the provision of mechanisms for monitoring and adjusting the implementation of the chosen strategy. In particular, such tools as PEST analysis, SWOT analysis, Porter's Five Forces methodology, GAP analysis, scenario planning, strategic maps of balanced indicators (Balanced Scorecard), as well as strategic controlling methods are widely used.

In the context of foreign economic activity, strategic planning focused on the integration of the enterprise into global value chains becomes particularly relevant. This involves taking into account the specifics of international marketing, logistics, customs regulation, intercultural aspects of doing business, assessment of geoeconomic security and political risks. Strategic planning technologies used in this context should ensure

not only the achievement of economic goals, but also compliance with the regulatory requirements of the exporting and importing countries.

Digitalization of management processes also contributes to the transformation of strategic planning. The use of Big Data analytics, business intelligence systems (BI systems), cloud technologies and artificial intelligence provides the ability to quickly collect and process information about markets, competitors, consumers and regulatory changes in real time. Such technologies increase the accuracy of strategic forecasts, the adaptability of strategies to changes in the external environment and the speed of decision-making.

Thus, modern technologies of strategic planning in the context of foreign economic activity should be comprehensive, adaptive and innovation-oriented. They provide an enterprise with the opportunity not only to respond to the challenges of the global market, but also to form a long-term competitive advantage based on strategic flexibility, innovation and sustainable development.

It is advisable to develop methodological provisions for analysing the implementation of the choice of strategic planning technologies using tools for assessing the capacity of dissemination in the management of the enterprise strategic planning, in order to identify existing problems in this area.

When choosing technologies for strategic planning at an enterprise, the object of the study will be the characteristics of the relevant technologies (procedure for developing strategic plans, level of centralisation of strategic planning, level of adaptation of strategic planning to changes in the environment, input base for strategic planning, object of strategic planning of enterprise, level of its automation, as well as tools for choosing technologies for strategic planning, etc.)

It is recommended to study the choice of technologies for strategic planning on the basis of the instrumentarium for assessing the capacity of strategic planning spread by an enterprise, which involves the use of certain methods and techniques for assessing the capacity and spread of strategic planning.

In the analysis of technologies, it is advisable to conduct a survey of enterprise experts (senior managers who determine the course of strategic development in order to implement the mission and achieve the goals of the activity).

The survey allows you to collect primary information on the received answers to the formed questions. It is advisable to study technologies in accordance with the information on the features of strategic planning in the context of expanding foreign economic relations, which is received from managers.

The recommended model for analyzing the choice of strategic planning technologies at the enterprise is shown in Fig. 1.

It is advisable to conduct a standardized survey of selected experts (senior managers of the enterprise) using a questionnaire. Managers at other levels are not always fully aware and have all the reliable and complete information about the enterprise's strategy, since the activity is focused on tactical planning. However, all managers should be familiar with the chosen direction of strategic development and

take an active part in the formation of activity strategies, contributing their own proposals for consideration.

When analyzing the choice of strategic planning technologies for an enterprise, it is necessary to form a general population from which the appropriate selection will be made, elements of the study, namely the object and units of study (subjects), establish a procedure for selecting units of a sample study, and determine the required sample size.

The tool for analyzing strategic planning technologies and their main characteristics is a questionnaire. It is a set of relevant questions used in the survey. The developed questionnaire must be processed and tested. In general, the questionnaire includes: an introduction, the main part, information about the relevant respondents. The introduction states the purpose of the survey. Such a survey is designed to determine the completeness of understanding of the issue of strategic planning at the enterprise, its essence and importance, and gratitude is expressed for participating in the study. Relevant instructions and necessary instructions are provided regarding the features of conducting the survey and filling out the questionnaire.

The main part of the questionnaire contains questions on the features of collecting information about strategic planning and, in particular, its technology. It is necessary to determine the type of questions and their number, which depends on the specific goals of analyzing the implementation of the choice of technologies for strategic planning of the enterprise. The number of possible questions depends on the personal position of the researchers of this problem, on secondary information.

Analysis of the choice of technologies for strategic planning at the enterprise in the context of expanding foreign economic relations and their main characteristics should include the following positions:

1) It is advisable to find out whether strategic planning is carried out. If it is absent, then research on the subject of strategic planning technology is inappropriate.

2) It is necessary to find out who is engaged in strategic planning at the enterprise: top-level managers, only specialists in strategic planning of activities, or managers of all levels, or another option. Determining the direction of strategic development is the competence of managers. Managers of other levels carry out previously developed plans and ensure the achievement of goals.

3) It is necessary to establish whether the enterprise has defined a mission (reason for existence) and goals (expected specific future state).

4) It is advisable to determine the duration of the stages of strategic planning technology, such as: collecting and processing information for strategic planning; setting strategic goals; analyzing environmental factors; determining criteria for choosing an activity strategy; substantiating the selected strategic planning tools; developing alternative packages of strategies; choosing the optimal package of strategies; documenting strategies; developing an appropriate program for implementing strategies; determining criteria for assessing the effectiveness of achieving strategies.

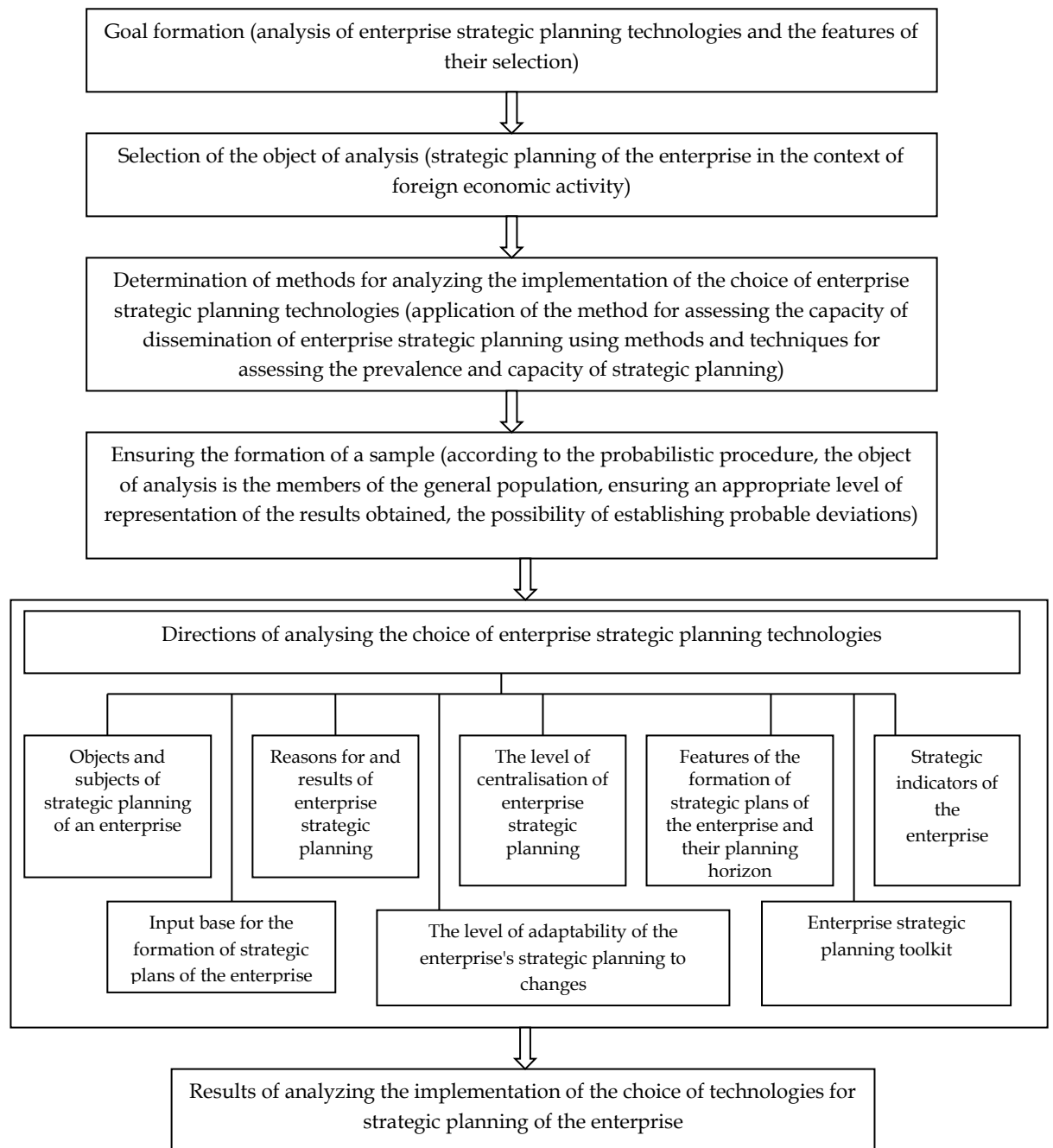


Fig. 1. Recommended model for analyzing the choice of strategic planning technologies at an enterprise in the context of foreign economic activity

5) It is necessary to clarify the horizon of the enterprise's strategic plans. Strategic plans are practiced from 1 to 2 years, due to the unpredictability and high variability of the operating environment. Planning for a longer period may be more risky. Such strategic plans are rare, may not be achievable and unrealistic.

6) It is advisable to establish strategic indicators at the enterprise. The development of strategies also involves the formation of an appropriate system of

indicators that cover all functional areas and determine the effectiveness of the enterprise. It is advisable for planning specialists to focus on those that are priority and aimed at solving acute problems. The list of strategic indicators should be formed according to the appropriate projections.

7) It is advisable to analyze the procedure for developing strategic plans, which can be simultaneous, in which there is a synchronous development of plans, or a sequential order, in which there is a logical step-by-step development of plans.

8) The current level of centralization of strategic planning characterizes the concentration of management functions in a single center and determines the level of hierarchy of strategic planning. With decentralization, strategic planning powers are distributed to lower levels of management.

9) The level of adaptation of strategic planning technology to changes in the operating environment is analyzed. The instability of conditions necessitates the need for immediate response to changes.

10) When analyzing technology, it is advisable to determine the input base for planning. Strategic planning is carried out based on the results of previous strategic plans, under such conditions, the actual indicators of the previous period are the basis for the formation of planned ones.

11) It is advisable to determine the object of strategic planning at the enterprise (business areas, projects and programs, responsibility centers or a combination of options).

12) The features of automation of strategic plans development and their corresponding software are analysed.

13) Strategic planning tools are studied. Standard tools such as SWOT analysis, portfolio analysis model, etc. are mostly used.

14) The reason for strategic planning is determined. The reasons may include the need to ensure further growth, the need for crisis management, etc.

15) Establish future results of strategic planning, which should be aimed at developing effective strategies. Their implementation should ensure the prerequisites for effective functioning and competitiveness.

Strategic planning is the main tool for ensuring the further development and growth of enterprises in the context of expanding foreign economic relations. Strategic planning is aimed at solving the tasks of monitoring the environment, setting goals and forming ways to achieve them. There is an objective need to apply new approaches to planning and technology of its implementation. The effectiveness of planning depends on its technology. The environment of functioning (external and internal) is undergoing changes, so the technologies used should be flexible to respond to changes and adapt to them. They should ensure the use of appropriate market instruments for timely review of the developed business plans and their amendments.

At the level of choosing the technology of strategic planning, in the context of expanding foreign economic relations, taking into account the uncertainty of the external and internal environment, it is advisable to choose the optimal variant of the planning technology. In the process of intra-company planning, events have a high

level of certainty because they depend on the internal environment. In relations with consumers, suppliers, and contractors, the enterprise planning system faces a high level of uncertainty in the external environment. The level of uncertainty increases with the complexity of the business environment and the timeframe of planning.

Quite often, the management of enterprises pays little attention to the factors that mainly determine the choice of types of strategic planning technologies depending on specific conditions. That is why it is advisable to recommend the use of factor analysis tools to ensure the optimal choice of strategic planning technologies in the context of foreign economic activity.

The main purpose of applying the factor analysis tools is to identify and study the factors that determine the choice of appropriate types of strategic planning technologies, as well as to classify these factors by a number of essential and independent features.

The validity of the choice of strategic planning technology is determined by certain factors, namely: the level of stability of the market environment, the life cycle and scale of the enterprise, the peculiarities of the organisational structure, the level of development of strategic planning and centralisation of management, the qualifications and competence of employees in the field of planning, the level of diversification and automation, etc.

In a stable market situation, with the possibility of accurate forecasting, a stable planning technology is appropriate. In other cases, flexible and continuous technologies are used.

For large and medium-sized enterprises, combined and sequential technologies are suitable, as well as by responsibility centers. Sequential technology provides a logical sequence of the strategic planning process.

Recommended factors for choosing strategic planning technologies at the enterprise are given in Table. 1.

Technology by responsibility centres is used to strengthen financial discipline. Combined technology is used for counter planning.

For smaller-scale operations, there is a simultaneous technology option with synchronised strategy development and coordination at all levels.

Centralised technology involves the development of plans for lower-level units in accordance with the main strategic plan.

At the stage of emergence or collapse, it is advisable to plan from a zero input base (an information array independent of previous periods). During growth or decline, the further choice of planning technology is determined by other additional factors.

If the enterprise has experience in the field of strategic planning, then technologies from what has been achieved are used, the implementation of previous strategic plans is taken into account.

In the case of a linear organizational structure, the planning technology by responsibility centers is recommended. For a functional organizational structure, a mixed technology is typical; for a divisional one, by business areas, that is, a technology that allows you to distinguish unprofitable and highly profitable types of business.

**Modern Conditions of Development of Science,  
Education and Production in the World – 2025**

---

The centralized management system also involves the use of a centralized strategic planning technology, which involves the development of corresponding strategic plans for lower-level units. This ensures the coordination of strategic plans, the balancing of strategic plans, and the efficiency of strategic planning technology. The decentralized management system, together with the decentralized planning technology, is associated with the integration of strategic plans from a lower level into complex plans of a higher level.

In case of significant diversification, strategic planning technology is used in the relevant business areas, which allows decisions to be made on the further development of individual businesses.

The mixed planning technology coordinates planning by centres of responsibility and business lines, as well as by individual programmes.

With high competence, sophisticated technologies are used by responsibility centres or planning technologies based on a zero input base.

Simple technologies (centralised and best-of-breed) are used when the level of employee skills is low.

The recommended technologies may use specialised software or standard software.

In the current conditions of foreign economic activity, strategic planning is an important tool for ensuring stable development and increasing the competitiveness of enterprises. The use of modern strategic planning technologies allows for a prompt response to the dynamics of the external environment, taking into account the specifics of international markets, adapting to changes in the regulatory field and effectively managing risks.

**Table 1. Recommended factors for choosing strategic planning technologies at enterprises in the context of foreign economic activity**

Recommended factors for technology selection Recommended technologies	Recommended technologies	
Economic	Level of market stability:	
	-changing conjuncture	Multivariate technologies, permanent technologies
	-stable market conditions	Fixed technologies
	Enterprise life cycle:	
	-growth, decline, peak	Technology is determined by additional factors
	-collapse, emergence	Technology from zero input base
	Enterprise size (scale of activity):	
	-small	Simultaneous technologies, centralised technologies
	-medium	Sequential technologies, combined technologies, technologies by responsibility centres
	- large	
	Level of diversification of activities:	
	-low diversification	Mixed technologies.
	-medium diversification	Technologies by projects and individual programmes
- high diversification	Technologies by business areas	
Management	Level of development of strategic planning at the enterprise:	
	-txperience in planning	Technologies from what has been achieved
	- strategic plans are	Technologies from a zero input base

	developed for the first time	
	Centralisation of management:	
	-decentralised system	Decentralised technologies and combined technologies
	-centralised system	Centralised technologies
	Features of the organisational structure:	
	-functional structure	Mixed technologies
	-linear structure	Technologies by responsibility centres
	-programme-based and project-based	Technologies by individual projects
	-divisional structure	Technologies by business areas
Technical	The level of automation:	
	-low software level	Technologies with standard software, technologies without software
	-high software level	Technologies with specialised software
Social	Competence of employees in the field of planning:	
	-low level of competence	Technologies from the achieved, centralised technologies
	-high level of competence	Technologies from zero input base, technologies by responsibility centres

The analysed methods, ranging from classical analytical tools to digital solutions, demonstrate the need for a comprehensive, integrated approach to the formation of strategies for enterprises operating in the field of foreign economic activity. Such technologies not only improve the accuracy of strategic decisions, but also create conditions for the formation of long-term competitive advantages.

At the same time, the insufficient level of elaboration of the issues of choosing specific technologies and their adaptation to sectoral and national peculiarities requires further research. A promising area of scientific research is the development of unified approaches to the integration of strategic planning with digital enterprise management systems, in particular in the context of global instability and high turbulence in foreign markets.

#### **Список використаних джерел**

1. Жигалкевич Ж., Драгомощенко А. (2021). Стратегічне планування зовнішньоекономічної діяльності підприємства // Економіка та суспільство. – 2021. - №33. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-27>
2. Євтушенко В.А., Ляшевська В.І., Чупринюк Ю.В. Дослідження та вдосконалення стратегічного планування зовнішньоекономічної діяльності підприємства // Бізнес Інформ. - 2020. - №6. - С. 23–29.
3. Петришин Н. Я., Подра О. П., Малиновська Ю. Б., Ноджак Л. С. Рекомендації стосовно технології здійснення обґрунтованого вибору стратегії розвитку підприємства // Економіка. Фінанси. Право. – 2023. – № 11. – С. 34–37.

4. Подра О. П., Петришин Н. Я. Сучасні технології бізнес-діагностики діяльності підприємств // Економіка. Фінанси. Право. – 2023. – № 9. – С. 111–114.

### **1.2. Organisational and Managerial Aspects of Implementing Strategic Changes at Enterprises in the Context of the Foreign Economic Activity Development**

In today's globalised world, with its high market dynamics and unstable economic environment, strategic management of enterprises is of particular importance. Its essence lies in the targeted influence on the development of an enterprise in order to achieve long-term goals, ensure flexibility and adaptability to changes. Strategic management is especially relevant for entities engaged in foreign economic activity (FEA), as they operate in a complex transnational environment characterised by a high level of uncertainty, political risks, currency fluctuations, changes in regulatory requirements and the need to comply with international standards.

In this context, the importance of effective organisational management of strategic changes is growing, as they are an important tool for updating the business model of an enterprise, its mission, structure, foreign economic strategy, resource base and operational processes. Strategic changes, unlike operational or tactical ones, are deep and long-term, affect the basic elements of the enterprise's functioning and require comprehensive management support [1-3].

The intensification of foreign economic activity necessitates transformations in the organisational structure of management, adaptation to new market conditions, development of intercultural competence and expansion of partner networks. Strategic changes should be based on a systematic analysis of both the internal resources of the enterprise and the trends of the external environment, which necessitates the introduction of modern models of change management [4]. Effective strategic management in the context of foreign economic activity requires the use of adaptive and flexible organisational mechanisms that can quickly respond to environmental challenges and support the innovative development of the enterprise.

Despite the coverage of certain aspects of the topic in the scientific literature, the issues of organisational support for strategic changes in the context of foreign economic activity development remain insufficiently researched. The lack of a systematic approach to managing transformation processes, inconsistency of change goals with the international strategy of enterprises, and low level of managerial competencies are obstacles to the effective implementation of strategic goals.

Thus, the study of organisational management of strategic changes in the context of foreign economic activity is an important step towards increasing the competitiveness of domestic enterprises at the international level and towards the formation of a sustainable model of their development.

Effective management of strategic changes at an enterprise in the context of foreign economic activity development will create an opportunity for anticipating the onset of management changes, which will allow to effectively implement effective measures for the development of the enterprise.

The implementation of strategic changes begins from the moment of understanding the need for them and the inevitability of their occurrence, which cannot be avoided. Every organization undergoes transformations.

Awareness of the need for changes and organizational transformations most often begins with managers, and employees initiate changes much less often.

Strategic change management includes various factors and elements, the consideration of which allows for their effective implementation. The recommended process of organizational management of strategic changes is presented in Fig. 3.1.

Stage 1. Identification of the existing need for strategic changes and the need to implement them in the activities of the enterprise in the context of the development of foreign economic activity. At this stage, the enterprise management initiates the implementation of changes. The idea of the need for strategic changes is communicated to all employees in order for them to understand the processes taking place and the reasons for their occurrence. The enterprise's activities are analyzed in order to establish the cause-and-effect relationships of the emergence of crisis or threatening phenomena. The level of need for strategic changes, the urgency of such changes, the possibility of implementation, etc. are determined. The strategic potential of the enterprise and the availability of strategic resources to ensure changes are analyzed. The driving forces of strategic changes of the enterprise, of external and internal origin, are investigated.

Stage 2: Substantiation of a set of strategic changes that need to be carried out at the enterprise in the context of foreign economic activity development. The changes that should take place in the enterprise's activities are determined. They may relate to:

- production technology (improvement of production processes);
- goods, works, services (changes in the range);
- strategy and management structure (changes in the activities of the management apparatus, improvement of management processes, changes in the organisational structure);
- corporate culture (improvement of the labour relations system, etc.).

Stage 3. Formation of the necessary stages of the process of introduction and implementation of strategic changes at the enterprise in the context of foreign economic activity development.

The quality of the process of strategic changes and the result obtained ultimately depend on the programme of implementation of strategic changes at the enterprise. The programme of strategic changes is aimed at eliminating discrepancies between the planned parameters of strategic changes and actual results, which has a comprehensive target character, allowing to plan the achievement of certain goals. The strategic change programme is a means of improving the performance of the enterprise, coordinating and controlling management actions, as well as a basis for making management decisions on ways to achieve development, efficient operation, planned goals and indicators.

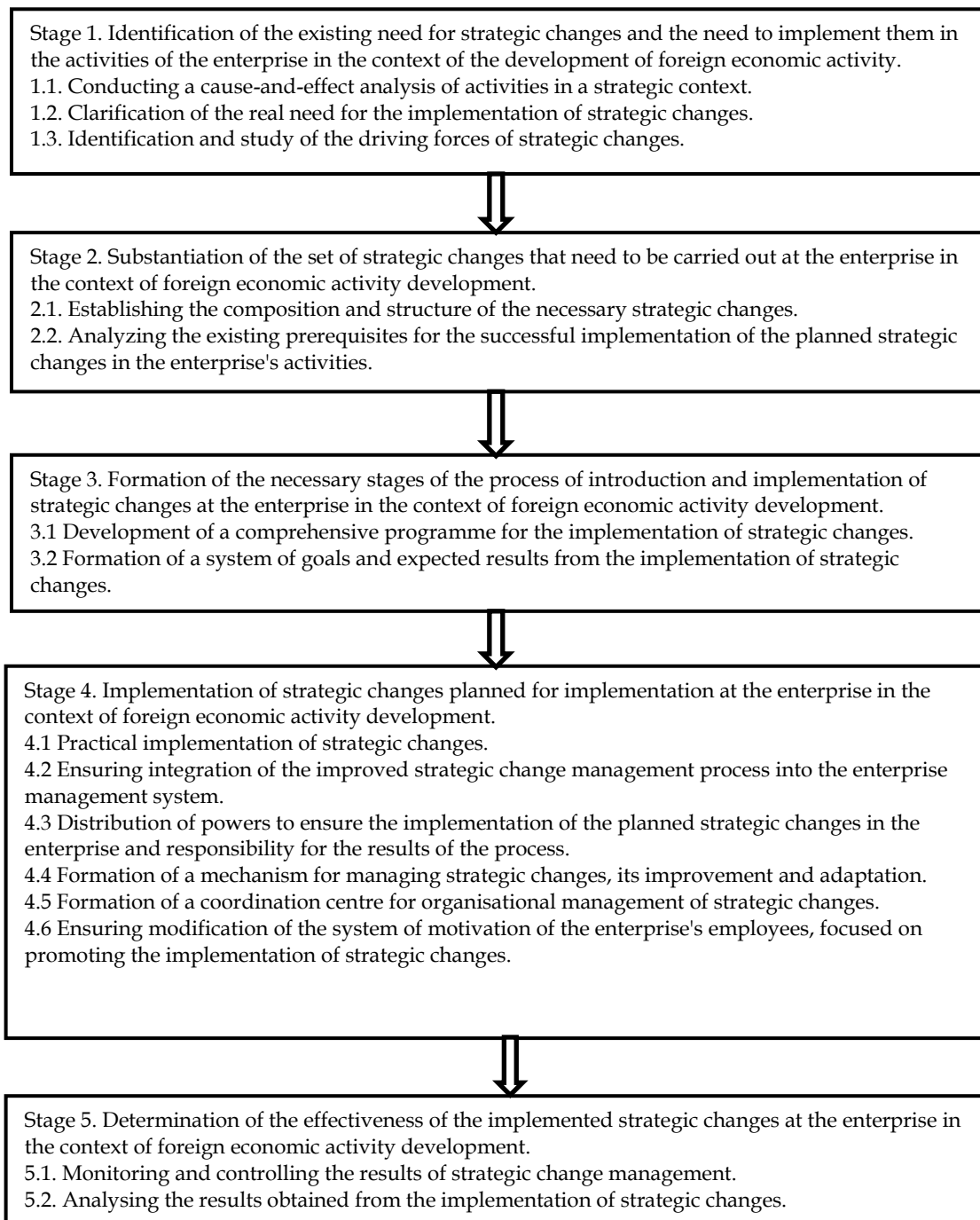


Fig. 1. The recommended process of organisational management of strategic changes of enterprises in the context of development of foreign economic activity

Stage 4. Implementation of strategic changes planned for implementation at the enterprise in the context of foreign economic activity development. At this stage, the planned strategic changes are implemented. The improved strategic change management process is integrated into the enterprise management system. The distribution of powers to ensure the implementation of the planned strategic changes of

the enterprise is carried out, responsibility and responsible persons for the results of the implementation of changes are established. A mechanism for managing strategic changes is formed, and its continuous improvement and adaptation is ensured. The enterprise establishes a coordination centre for organisational management of strategic changes. An important point is to ensure the modification of the existing system of motivation of the enterprise's employees with a focus on ensuring that employees pass the stage of changes in the organisation, are interested in improving the functioning of the enterprise, perceive, understand and support strategic changes by employees, and minimise resistance to change and innovation.

It is recommended that the motivation system should be improved by the following measures:

- material and moral incentives to reduce resistance to strategic changes and unacceptability of employees to them;
- formation of an effective mechanism for motivation to implement strategic changes;
- identification of areas of individual responsibility for the implementation of strategic changes by employees;
- development of a system of guarantees, etc.

The company should ensure the process of employee adaptation to strategic changes. In addition to informing employees about changes in operations, their nature, consequences, new working conditions and innovations, management should ensure effective feedback from employees. Training and development programmes for employees should be provided to help them better cope with the inevitable changes. It is also recommended to create a programme of intellectual and psychological support for employees in the face of significant strategic changes. The company's management should bear a certain social responsibility towards its employees, especially at the stage of implementing radical changes in its operations. An integral aspect is the elimination of uncertainty due to the introduction of strategic changes, which causes employees to be concerned and anxious, which negatively affects the labour process and performance [4].

Stage 5. Determination of the effectiveness of the implemented strategic changes at the enterprise in the context of foreign economic activity development. Monitoring and control of the results of strategic change management is carried out. It is necessary to analyse and study the results obtained from the implementation of strategic changes.

Various methods of monitoring and controlling the implementation of strategic changes are used in accordance with the selected goals at the appropriate stages of implementing changes in the enterprise's activities: to inform about the need for change, to formulate a change implementation programme, to reduce the resistance of employees, intended to help and support employees, to implement production tasks in the new operating conditions, to stimulate employees to take the initiative to achieve the goals of change, etc.

It is necessary to analyse the results obtained in relation to the planned ones, to study the stages of implementation of the strategic change programme, to find out the

reasons for deviations; to evaluate the modification of the enterprise's activities as a result of the implementation of strategic changes.

Implementation of strategic changes is accompanied by a number of problems, which require a well-established and organised management process at the enterprise. The introduction of changes in operations is time-consuming and labour-intensive, requiring highly qualified managers.

Internal and external factors influence the implementation of change. External forces have an independent impact on the organisation, while the impact of internal forces is determined by resistance to change, which manifests itself in opposition to the innovations required by the external situation. Employees and managers can be the source of this resistance. However, it is usually the employees who are the ones who reject changes and do not understand the importance of their implementation directly for the enterprise. Their opposition to change can be open and manifested in specific actions, or it can be internal and manifested in personal unwillingness to support the implementation of changes.

The success of implementing strategic changes largely depends on the human factor. Without the support of personnel, the company's management will not be able to successfully implement changes and achieve the set goals. Management's activities in terms of change management should primarily be aimed at the collective of employees. It is on the executors of strategic changes that the extent to which they will be implemented and whether they will be effective depends. Change management should be aimed at creating in employees an interest in implementing changes, a desire to support changes, understand their content and importance, as well as a readiness for personal changes. Usually, the need for changes in activities causes changes in the course of many processes, which requires employees to acquire new knowledge, skills, abilities, and qualifications.

In a situation where there is resistance to change from employees, management should focus on managing resistance to strategic changes.

The recommended process for managing resistance to strategic changes at enterprises in the context of foreign economic activity development (Fig. 2).

The recommended process involves the implementation of the following stages: identification of the effectiveness of the process of implementing strategic changes; diagnostics of the attitude of enterprise employees to strategic changes in the enterprise's activities; assessment of the level of resistance to strategic changes; application of methods and measures to overcome resistance to strategic changes at the enterprise in the context of foreign economic activity development; monitoring the implementation of the process of managing resistance to strategic changes; analysis of the results of managing resistance to strategic changes.

Resistance to strategic change can manifest itself at different management levels. In order to effectively manage resistance, it is necessary to determine who is the subject of resistance and at what level of management it arose, what caused the resistance, what is the origin of the resistance. It is also necessary to assess the level of such resistance, its scope and potential negative consequences for the organization.

The main reasons for resistance to the implementation of strategic changes are:

- doubts about the effectiveness of the strategic changes that are planned to be implemented, about their positive results of implementation;
- fears of employees due to personal incompatibility with the new conditions caused by the introduction of changes, the threat of losing the existing official status due to the position held;
- lack of desire to change something, as well as adapt to inevitable changes;
- fear caused by the threat of losing position, status, salary and other preferences;
- lack of intention to personally develop and improve, both on the part of employees and managers;
- threat of changing the format of accustomed labor relations in the team of employees;
- possibility of intensifying internal competition within the company team due to reluctance of colleagues, whose activities are related to changes, to professional development and growth;
- unclear future prospects that will be the result of the implementation of changes.

Strategic changes at an enterprise are a gradual, step-by-step process that brings it to a new state, characterized by a higher level of development of production and economic activities organized using existing concepts and ideas.

Gradual changes in an enterprise are the process of implementing current actions that allow creating a balance and ensuring normal operations at a certain current point in time.

Fundamental (revolutionary) changes in an enterprise are large-scale transformations that entail very significant changes in the overall system of the organization.

The main reasons for resistance to strategic changes from the perspective of enterprise employees:

- uncertainty in the possible consequences of the impact and misunderstanding of the direction of changes;
- the need to accept an excessively high, practically inadequate level of risk;
- a feeling of one's own uselessness for the organization;
- fear of the inability to complete new tasks and fulfill job responsibilities dictated by the onset of changes;
- lack of ability or desire to learn, to change one's behavior.

The main reasons for resistance to change from the perspective of enterprise managers:

- expectation of a decrease in income due to the onset of changes;
- the risk of losing power and the ability to exercise managerial influence due to the limitation of authority caused by the implementation of changes;
- the risk of losing or limiting control and the right to dispose of enterprise resources;
- threats to reputation.

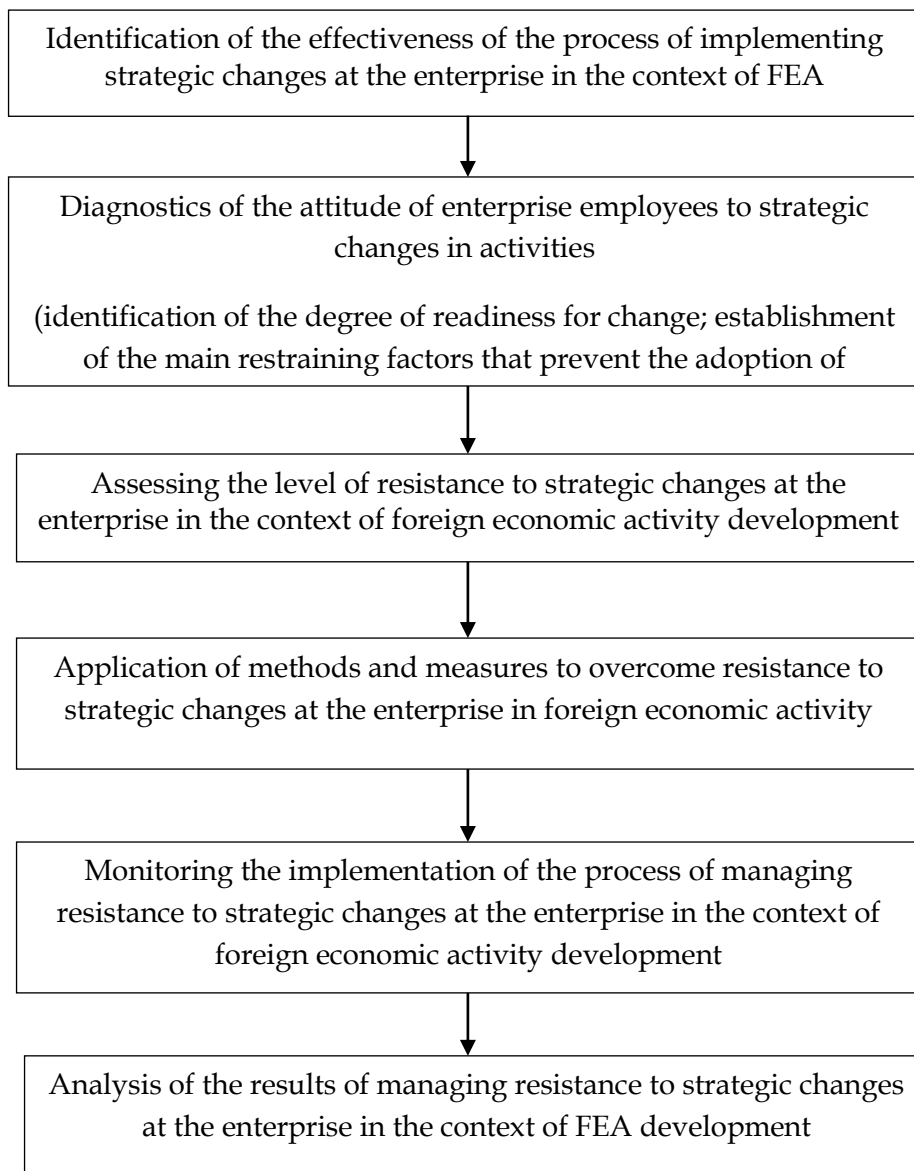


Fig. 2. Recommended process for managing resistance to strategic changes at an enterprise in the context of the development of foreign economic activity

Hidden resistance is accompanied by a delay in changes, and open resistance can be in the form of a strike, poor-quality work performance, etc. Resistance can have a positive impact, which is associated with a number of factors:

- allows you to identify problems hidden from management;
- provides an inevitable dialogue with employees;
- helps to unite the team;
- ensures the formation of a positive climate in the team.

Groups of reasons for resistance to strategic changes: selfish attitude of employees; lack of information about planned strategic changes and their consequences; conservatism of employees; skepticism of employees; low self-esteem of employees.

Recommended measures that will contribute to the adaptation of employees of the enterprise to strategic changes and new transformations:

- ensuring receipt of complete information about the introduction of changes;
- organizing the process of acquiring new knowledge and professional skills;
- involving employees in management processes and delegating new tasks to them in order to develop professional qualifications;
- ensuring motivation in order to overcome resistance to changes;
- ensuring an appropriate psychological atmosphere.

In order to overcome resistance to strategic changes at the enterprise, it is recommended to use appropriate methods (Table 1).

**Table 1. Recommended methods of overcoming resistance to strategic changes in the enterprise in the context of foreign economic activity**

Recommended methods	Main purpose of methods	Material costs	Time costs
Informing about the need for strategic changes, their content and consequences	Communicate the need for change to the company's employees	-	+
Employee participation in the process of planning strategic changes and their approval	Influence through participation in management processes, providing feedback, taking into account the position of employees on the implementation of strategic changes	-	+
Motivate employees to accept strategic changes and participate in their implementation	Ensure support for strategic changes from the company's employees	+	+
Organise professional development and training of employees	Create opportunities for professional and career growth of employees	+	+
Organisation of negotiations	It is used in cases of significant resistance to strategic changes in large teams	-	+
Employee rotation	Ensuring that strategic changes are supported by employees who approve of them	-	-
Influence through coercion	Ensuring the implementation of rapid transformations associated with the implementation of strategic changes, within strictly limited time frames у строго обмежених часових рамках	-	-

Their selection is carried out depending on the established goal of implementing changes, existing time constraints. It is possible to use certain combinations of the above methods of overcoming resistance depending on the situation. The effectiveness of changes is determined by the timeliness of their implementation.

The implementation of positive strategic changes and innovations in the enterprise depends on a clear adherence to the phasing of actions to manage resistance to strategic changes. Effectively overcoming resistance to change allows an established process of interaction between managers and employees and the availability of time for such transformations.

The conducted research allowed to deepen the understanding of the nature of strategic changes as an important element of the development of the enterprise in the conditions of a dynamic and unstable external environment. Strategic changes are not only a reaction to external challenges, but also a tool for the active formation of competitive advantages and long-term guidelines. In the process of analysis, the main types of strategic changes were characterized, which allows to better understand the specifics of management decisions depending on the type of transformations.

The key components of organizational support for strategic change management are identified. Particular attention is paid to the problem of resistance to change on the part of personnel, which remains one of the most significant barriers in the process of implementing strategic initiatives. The need to apply a set of measures to minimize resistance is substantiated, among which an important place is occupied by timely informing employees, their involvement in decision-making processes, building trust in management, organizing training and advanced training.

The results of the study confirm that effective management of strategic changes is a complex but necessary process that requires a systematic, integrated approach and active participation of all levels of management personnel. The obtained theoretical provisions can be used for further practical developments and improvement of mechanisms for implementing strategic changes at enterprises in conditions of high competition and global challenges.

#### **Список використаних джерел:**

1. Занора В., Бут А., Матухно Ю. Стратегічне управління розвитком та управління стратегічними змінами на підприємстві // Економіка та суспільство / - 2021/ - №32. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-81>
2. Покотило Т. Управління організаційними змінами як складова забезпечення конкурентоспроможності підприємства // Економіка та суспільство. - 2020. - № 22. - С. 524–532. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-91>.
3. Кулик А. Етапи та інструменти управління стратегічними змінами на підприємствах під час кризових ситуацій // Бізнес Інформ. - 2024. - №2. - С. 289–296. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-2-289-296>
4. Подра О., Петришин Н., Киричук І. Сучасні підходи до стратегічного управління людськими ресурсами підприємства // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. - 2024. - Вип. 6, № 1. - С. 49–57.

### **1.3. Improvement of Risk Management Approaches in the System of Modern Safe Functioning of the Enterprise**

In modern conditions of development, with difficult market relations, an unstable economy and increased competition, new requirements arise regarding the level of risk management in the system of safe operation of enterprises, which is based precisely on the analysis of risks, their classification and the search for tools to minimize them, with

the help of which it would be possible to influence both them and the activities of the business entity as a whole. In any field of activity and at a particular enterprise, there are risks and, accordingly, their own individual specifics of managing them. Today, there is a problem regarding risk management approaches for the safe functioning of an enterprise, namely, their improvement and refinement, since every enterprise in its activities faces risky situations and seeks opportunities and ways to eliminate them, especially in wartime.

A large number of scientists have addressed the need for risk management in enterprises, but these processes at the modern stages of economic development require new effective innovative approaches.

The term "risk", like every concept, has its own history of origin. If you translate this term from different languages, you can see that this word carries its own essence. For example, in English the word "risk" means "danger"; in Italian "risikare" means threat; in Latin "risicare" is translated as to dare or to dare something [1]. However, to make the right management decisions for effective management of the enterprise and to minimize losses, it is not enough to know only the translation of this term, you need to be able to correctly implement the risk management process in order to ensure the safe functioning of the enterprise in the future and avoid the negative consequences that risk can lead to.

Risk management is a system of measures that can be used to prevent, predict, avoid, minimize, or neutralize as much as possible a threat that has a negative impact on the activities of a business entity and avoid unforeseen financial costs. Today, there are a number of issues directly related to risk management that haven't yet been fully resolved under martial law. Among them, the following require special attention: formation of an improved risk management system for industrial enterprises that continue to operate in wartime conditions, detailing the problem of maintaining the safety of their business activities, early identification of key characteristics of safe operation and ways to minimize their risks.

As you know, any entrepreneurial activity is always accompanied by risk, it is impossible to completely avoid it, especially in war conditions. Risk is understood as the probability or threat of an enterprise losing part of its resources, not receiving income, or incurring additional expenses as a result of its main activity [2]. In order to assess the impact of risks on the activities of an enterprise, namely on maintaining its security, it is advisable to first consider the classification of internal financial risks that have a direct impact on the enterprise as a whole. This classification is presented in Fig. 1.

Investment risks can lead to losses, namely financial losses in the process of an enterprise's investment activities. As for the risks of the enterprise's operational activities, they are directly related to its financial activities, as they manifest themselves as risks of liquidity, profitability, financial stability, and turnover, and can be the result of miscalculations in sales, supply, and production.

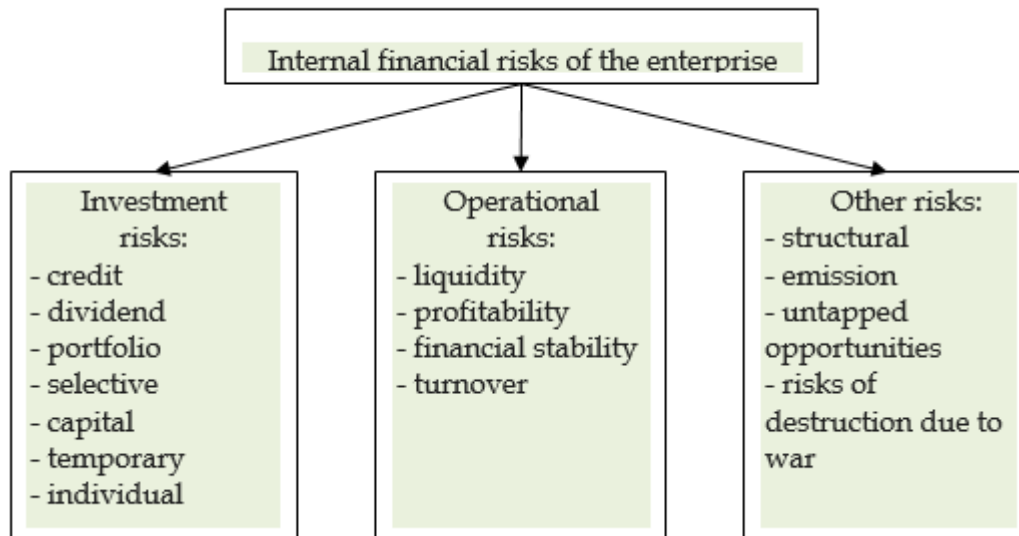


Fig. 1. Internal financial risks of the enterprise [1]

Financial risks are most often understood as risks associated with losses of funds, in particular income, liquidity or capital. Their occurrence is associated with the direct movement of cash flows.

Thanks to the classification of risks, it is possible to clearly determine the place of each type of risk in the overall system of the enterprise's activities. In addition, this classification helps to create conditions for the effective use and selection of appropriate techniques and methods for managing these risks.

As for the risk management process in wartime, it is quite complex, as it must ensure the safe functioning of the enterprise in the most risky situations and its main goal is to predict possible risks in advance, avoid a drop in the market value of the enterprise, and seek to replenish its financial resources.

However, today Ukraine faces problems in the security of business activities in general, namely: the domestic economy was significantly affected by the war and became extremely unstable, unprotected, and risky, since its basis is global competition; lack of general standards for protecting the interests of entrepreneurs within the country; undeveloped mechanisms of the domestic market in conditions of military operations, etc.

Due to the above-mentioned problems related to the security of enterprises, domestic business entities have become very vulnerable to negative external and internal factors, which have exacerbated risk situations. Most indicators of financial stability in conditions of military operations, namely: the autonomy coefficient, the financial dependence coefficient, and the financial risk coefficient may not approach the regulatory values, and this is already the first step towards the existing threat of the impact of risk on the overall security of a modern enterprise, where dependence on external sources of financing is increasing.

Therefore, to avoid these risks in today's conditions, it is necessary, first of all, to determine the tasks for managing them - these are: 1) minimizing costs in the event of

dangerous and unfavorable events for the enterprise; 2) identification of the weakest and most vulnerable points in the enterprise's activities as a whole; 3) ensuring the correct ratio between the enterprise's income from financial transactions and risk; 4) searching for opportunities to make the right and "winning" management decision; 5) forming comprehensive, complete and regular actions to check the probability of a threat to the enterprise.

Fig. 2 presents a system of measures by which the risk management process can be carried out at a business entity.

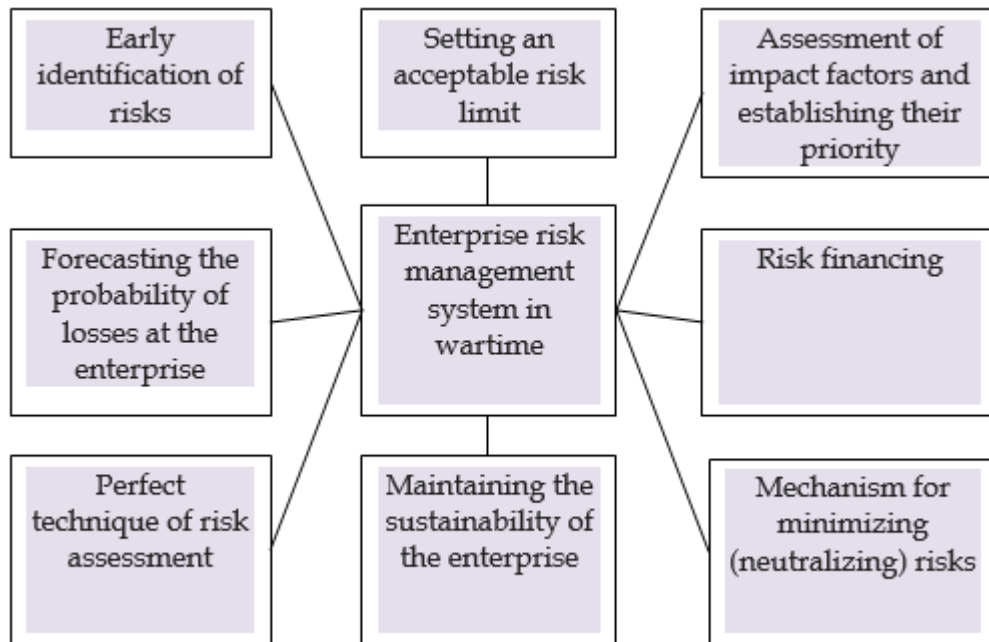


Fig. 2. Risk management system of a modern enterprise in wartime conditions

Considering that the terms "risk" and "risk management" are all-encompassing, in order for a business entity to be able to operate safely, it needs to:

- through a high level of competitiveness, protect their interests from the effects of dangerous, negative factors and various kinds of negative factors;
- have a certain stock of financial resources (reserves) to meet the needs of the population and fulfill its obligations;
- create a system for minimizing (neutralizing) threats and being resilient and prepared to the impact of various factors, both external and internal.

The formation of an effective risk management system at enterprises aims to apply various techniques and methods to reduce them.

The risk minimization mechanism should include:

1) risk avoidance – abstraction by the enterprise of any measures that could cause a dangerous situation for it and negatively affect the financial and economic activities of the enterprise;

2) risk minimization is the implementation of a number of measures that would help avoid, prevent or minimize the impact of risks;

3) risk diversification is a model in which an enterprise can and has the right to distribute its capital between different types of activities, and can also invest funds in different projects, not just one, while reducing the overall risk, that is, its level of quantitative measurement;

4) risk hedging is a form of risk prevention based on the possibility of performing counter-transactions for the sale and purchase of assets using derivative financial instruments, where this method is used to insure against losses due to currency exchange rate fluctuations;

5) obtaining additional information is a criterion that is one of the main ones in the risk management system, since for an accurate forecast of the degree of risk and its negative impact, which subsequently affects the activities of the enterprise, it is necessary to have a large amount of information;

6) risk insurance (self-insurance, commercial insurance). With self-insurance, cash reserves are created in order to be able to cover potential losses or incur additional costs at the right time. In turn, commercial insurance consists in the fact that the enterprise can transfer its risk, or rather part of the risk, to the insurance company for a certain pay.

Thus, modern risk management in the system of safe operation of an enterprise is a constant, continuous, comprehensive, updated process of decision-making, information collection, and search for preventive measures in the risk management system. Today, it is also important for all areas of enterprises activity to find new methods for preventing risky situations, overcoming their consequences with minimal losses to ensure the safe functioning of the enterprise in conditions of risk of war.

The disclosure and definition of such terms as "risk" and "risk management" made it possible, at the stage of military operations in the country, to understand that it is necessary to develop a system for predicting the consequences of the impact of military risks on business activities in advance; choose tactics, model and system of managing them in advance to prevent a drop in the market value of the enterprise and the likelihood of its bankruptcy or complete liquidation. This may be influenced, as noted earlier, by unbalanced global competition, the consequence of which is the removal of the visa-free regime, for example, for Ukrainian agricultural products in Poland.

Industrial domestic enterprises at the current stage of development and existence also need updated innovation processes for their survival. Innovative processes, as is known, arise in the space of any enterprise and are always associated with qualitatively new changes in technologies, production organization, or contribute to some progressive changes of a productive nature, for example, regarding the improvement of the methodology for assessing their respective spectrum of protection of economic activity. In our case, this concerns the problem of modeling and optimizing a number of innovations and the possibility of using them to improve risk management approaches in the system of safe operation of the enterprise. Innovative development of enterprises is always a complex process of forming and achieving improved results in entrepreneurial activity, especially in conditions of martial law, which is aimed at the future preservation of entrepreneurial activity. It has been established that any

innovations in business entities are born primarily from the needs of society and are the result of scientific research, using domestic and foreign experience in various fields, based on technical, technological, organizational, economic, social and other innovations and transformations [3].

It can be assumed that the general state of economic security of an enterprise in wartime is an integrated value that reflects the level of protection at the same time as the state of competitiveness, liquidity, solvency, creditworthiness, recording the implementation of the properties of efficiency, reliability, flexibility, operational capacity, stability and resilience and overcoming military risks, that are correlated with systematic and unsystematic types of other risks of incoming threats, the total value of which characterizes the quantitative measurement of possible deviations from the expected result - the permissible level of safe operation of the enterprise based on the compliance of the above-mentioned properties with regard to controlled and uncontrolled factors that act continuously from the main types of activities of the production and economic structure.

However, it has been studied that the degree of security of an enterprise will increase rapidly if it observes high efficiency of innovation processes, which together with their effective innovations, have a positive impact on the development and further expansion of the innovative activities of the business entity, which becomes one of the most important factors in increasing the level of competitiveness of the production structure and its economic security in general.

The state of economic security always correlates with the satisfactory or unsatisfactory financial condition of the enterprise, which is reflected in the degree or level of its economic protection. Like any other property of a business entity, "economic security", being dynamic over time, requires constant necessary control, i.e. developing a system of increasingly innovative assessment measures aimed at absolutely accurate determination of the deviation of the recorded current protection from the permitted level of the general state of economic security of the enterprise in the conditions of its normal further existence [4].

It has been established that it is easier to manage risks and assess the state of economic protection of an enterprise that is characterized by a self-regulating system of factors of a production, financial and social nature, which is capable, regardless of external influences and the internal state of the business entity, through mutual optimization of the internal structure and internal relations, ensuring sustainable financial and production and technological activity in order to meet the public and social needs of both the staff of a particular enterprise and society as a whole.

The problem of risk control in the system of safe functioning of a business entity is that all threats that affect the change in its state are eliminated or at least partially minimized (neutralized) at different speeds, since they spontaneously and rather chaotically affect the financial and economic condition of the enterprise over a certain period of time.

Most threats are difficult to detect even at the stage of identifying certain problems in the production and economic structure. Although significant deviations of financial

and economic indicators from normative values may initially cause ordinary economic damage and a gradual decrease in the level of economic security, and subsequently a complete loss of integrated economic protection, if measures to neutralize the impact of risks and other negative factors on the financial and economic activities of the enterprise are ineffective.

However, in the process of forming a secure enterprise protection, only those innovations that bring new technical solutions are considered important; change the state of techniques; significantly improve production processes and the quality of the invented product in the context of the gradual replacement of old techniques (technology), principles, structures, etc. with new objects, moreover, any innovation becomes one of the main factors of economic protection and maintaining the competitiveness of the relevant enterprise during wartime.

If the competitiveness indicator approaches 1, even in conditions of martial law in the country, then the enterprise can protect itself in the long term by maintaining its competitive position, remain attractive in an investment sense, and claim sufficiently high financial results.

Effective innovation activity at the enterprise is also possible with the participation of an established innovation infrastructure, which will offer a wide range of services. It should be considered that innovation infrastructure is a set of enterprises, organizations, institutions, their associations, associations of any form of ownership that provide services to ensure innovation activity (financial, consulting, marketing, information and communication, legal, educational, etc.) to the relevant enterprise for the purpose of successful implementation of an innovation project within the framework of a pre-developed innovation process, which covers all stages of the innovation cycle, from the origin of a scientific idea to the technical side of production and to the consumption of innovation [3]. That is, the purpose of creating an innovation infrastructure is to purposefully provide industrial enterprises in wartime with comprehensive support for innovation activities to preserve and further develop their production, scientific, technical, and economic potential.

In addition, each innovative infrastructure, taking on financial and economic risk, will be responsible for structural restructuring, changing the product range, and creating new products at the interested enterprise during updated production processes.

It becomes a multi-integrator of the enterprise's system support with high-quality innovative activities, establishing a close and, moreover, direct cause-and-effect relationship between the achieved state of innovation protection and the integrated state of economic security of the relevant business entity. In turn, it can be not only a guarantor of financing the innovative activities of the enterprise, but also a direct accumulator of funds for the creation of its own innovation and investment fund, which could partially combine: 1) budget funds (state budget funds, local budgets and territorial communities funds); 2) foreign investments allocated for innovation activities (foreign grants, international programs, private foreign investments, funds from foreign scientific foundations); 3) sponsorship funds (if sponsors prefer innovative

infrastructure as an intermediary when transferring funds, to guarantee that their financial injections in wartime conditions will be used exactly as intended - to finance the innovative activities of a separate industrial enterprise that is strategically important for the country, thus preventing risks associated with uncontrolled embezzlement of funds, fraud with financial resources, and artificially driving a business entity to real or fictitious bankruptcy; 4) credit resources (bank loans at only affordable interest rates, since some banking structures issue long-term loans with such high interest rates that no know-how, especially in wartime conditions, will ever be able to pay off at enterprises); 5) financial leasing, etc. [5].

To produce and sell high-quality industrial products, manufacturing enterprises must maximize their advantages compared to competing countries, choosing a progressive path of innovation and thus controlling financial risks. Innovative development and further innovative activity are defined as a management process based on the continuous search and use of new methods and areas of realizing the enterprise's potential in changing environmental conditions in accordance with the chosen mission and adopted motivation for functioning, which is associated with the modification of existing and the formation of new sales markets.

The process of innovation activity of any enterprise must be considered from the perspective of a specific business entity and the solution of its current production and financial and economic issues.

In addition, the innovative activities of most enterprises should be supported by the state from the position of: 1) state funding in the form of subsidized financing of fundamental research into new industries, experiments on the introduction of new finished products to the market; 2) funding as a result of participation in international, state and regional programs, i.e. the use of program-specific funding.

The criterion of efficiency in the market is the amount of products sold by the enterprise and the rate of return on invested capital. Expansion of the sales market makes it possible to increase the rate of return. For a new type of product, its design features, design, optimal service conditions, which ensure a high level of competitiveness of the product in the market, are of the greatest importance.

Introducing innovations to ensure a product quality that is higher than the world standard allows for monopolistically high profits. The lack of innovations leads to a partial loss of price and profits, because such products can only be sold at low prices.

It is difficult to stimulate the innovative activity of an enterprise in wartime, but it is possible only with the help of successful management decisions that will ensure the high and stable competitiveness of the entity in the future in market conditions.

Ukrainian enterprises, trying to maintain the competitiveness of finished products in all sectors of the economy in conditions of a full-scale war, faced such problems that depend from fundamental changes in ownership, in the choice of methods of regulating world economic processes, organizational and legal forms of management and, of course, the motivation of their activities under the influence of high military risks.

In the market system, the category of enterprise competitiveness is one of the main ones, because it concentrates all the financial, economic, organizational, managerial,

marketing and other capabilities of specific business entities. It is known that when evaluating innovations in industry, competitiveness is established at the stage of designing and developing the finished product, therefore it is necessary to be able to qualitatively assess it at the stage of forming the technical task for development. It is believed that ensuring competitiveness through innovative activities distinguishes a manufacturing enterprise in the goods market from other competing manufacturers over a long period of time, which positively affects the level of its financial and economic development and meets social needs.

If competitiveness is low, then the innovative activities of the enterprise do not justify themselves and the risk of additional losses increases when implementing these innovations, especially in wartime. Also, the competitiveness of innovations should be based on an ideal consumption model that would fully satisfy prospective needs within a certain market segment. Similarly, the level of technical and economic parameters of innovations should be assessed in relation to the predicted level of product parameters of the most likely competitors. A feature of innovation activity is that its results directly depend on the ability of enterprises to recover. The more competitive an enterprise is, the more flexibly it responds to changes in the competitive environment and becomes better economically secure.

Thus, the innovative path of development of any enterprise makes it possible to intensify the processes of searching for and implementing new market opportunities that open up before it, and as a result, to increase production efficiency, competitiveness, the status of the industry and the level of its economic security. This primarily concerns internal motives of production, namely intra-economic economic calculations and self-financing, which, in the context of overcoming the consequences of military operations and the financial crisis in the country, will compensate for the lack of funds and become an incentive for further scientific and technological progress.

Qualitative financial and economic analysis can also be used to assess the risks of innovative activities of enterprises, especially in terms of identifying shortcomings in their financial activities. It is an effective tool in the general mechanism for controlling the provision of economic security, timely identifying current problems of business structures in terms of assessing their unused reserves and making optimal management decisions in the system of internal control over the activities of individual units and in the system of evaluating their financial reporting.

In practice, a company manager may make many different cost and risk management decisions. The specifics of decisions are determined by the characteristics of a particular company, its technology, innovation potential, organizational structure, and market position. However, there are standard cost management decisions that every manager has to make in practice, namely: decisions on the volume and structure of finished product output, the choice between in-house production and external procurement, decisions on determining the lower limit of the price of finished innovative products, etc. When forming cost management decision-making criteria for such an enterprise, it is important not to miss the benefit, that is, to maximize the generated marginal profit.

When choosing between own production of goods and purchasing from outside, one should also take into account the presence of risky military situations. If a risk arises as a result of in-house production, then the lost benefit, that is, the possible amount of marginal profit, but already lost, must be added to the costs. When deciding on the price of the products to be sold, it is necessary to take into account that in market conditions the price of the products depends on supply and demand. Sometimes, due to pressure from competitors, the company cannot dictate its terms to the buyer. Therefore, it must know the minimum price at which it is still reasonable to produce and sell the relevant product. Studies show that the lower price limit depends on the following factors: the availability of a traditional assortment of goods or goods under an additional contract.

Thus, the problems of analyzing, assessing and improving risk management for the safe functioning of an enterprise are among the important tasks of a modern Ukrainian business entity and directly affect the quality of control over ensuring its economic security.

Prospects for further research in this direction may include expanding the spectrum of results of innovative processes in the activities of business structures in conditions of military operations, namely, the development of an improved apparatus of risk identification at the early stages of detection in the system of safe operation of the enterprise with additional modeling of priority measures to neutralize business conflicts and minimize risks in an unstable business environment. The application of these measures can have a timely impact on the strategic settlement of the situation regarding the restoration of an acceptable state of economic protection of the enterprise.

### **References**

1. Zhykhor O.B., Shtekhan M.O. (2013) The essence of the concept of "financial risk" and its classification. Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine. Series: Economics, Planning and Management in Industries, No. 23.10. Pp. 146-149.
2. Khoma I.B. (2024) Preservation of financial security of economic entities in conditions of financial challenges and war. Sustainable development of enterprises in conditions of modern economic challenges: management, resource and security aspects: collective monograph. Poltava: PP "Astraya". Pp. 126-135.
3. Khoma I.B. (2017) The role of operational management in the system of control and protection of innovative processes of an enterprise: Development of entrepreneurship in Ukraine: theory, methodology and practice: collective monograph. edited by O.O. Nepochatenko. Uman, pp. 173-179.
4. Khoma I.B. (2018) Economic control of management decisions in the system of ensuring sustainable development of the enterprise. Scientific and applied aspects of improving accounting, economic control and the taxation system: collective monograph. ed. V.Ya. Plaksienko. Poltava. P. 161-173.
5. Khoma I.B., Voroby Kh.R. (2024) Investment in Ukraine during the war and prospects for investment processes in the post-war period. Galician Economic Bulletin. No. 1 (86). pp. 84-89.

#### **1.4. CRM Systems as Tools for Digitizing Customer Service in the Automobile Market**

In the modern conditions of the automotive market, characterized by growing competition, dynamic changes in consumer expectations, and the increasing role of digital technologies, effective customer relationship management is of particular importance. Customer Relationship Management (CRM) is gradually transforming from an auxiliary tool to a key component of strategic management of automotive enterprises. Implementation of CRM systems into business processes of car dealerships and dealerships allows not only to systematize work with customer bases, but also to improve the quality of service, ensure personalization of interaction, optimize the sales cycle and strengthen long-term customer loyalty.

The peculiarities of the automotive market - the high cost of the product, the long decision-making cycle, the need for after-sales service - determine specific requirements for the functionality of CRM systems. In particular, they must provide integration with logistics and service modules, support for multi-channel communication, and automated analysis of customer behavioral data. In the context of digital transformation, which was intensified under the influence of the COVID-19 pandemic and military challenges in Ukraine, CRM solutions have become not only a tool for increasing operational efficiency, but also a means of adapting to an unstable external environment.

Thus, research into the specifics of implementing CRM technologies in the field of customer service in the automotive market is relevant and important for the formation of competitive advantages of enterprises focused on building sustainable relationships with consumers in the face of constant changes in the market environment.

The implementation of CRM systems in the field of customer service in the automotive market has been actively studied in recent years both in the domestic and international scientific space. The main attention is paid to the impact of digital tools on the efficiency of car dealerships, increasing customer loyalty, and automating sales and after-sales service processes. In the works of scientists, in particular, Mozgovaya G.V., Mostovaya A.D., Chorny V., Sharap O.M., Yanchuk T.V. [1-4] emphasizes that CRM systems play a key role in building long-term relationships with customers in an increasingly competitive market. CRM technologies allow you to structure customer data, personalize marketing communications, and shorten the sales cycle.

Publications on the platform [ 5 ] indicate that the share of Ukrainian companies using CRM in the automotive industry is gradually increasing, and the share of domestic systems in the demand structure for CRM solutions has noticeably increased. This is due to both economic and security factors, in particular, the rejection of Russian software products after 2022. CRM solutions from domestic developers such as Creatio , SalesDrive and KeepinCRM are increasingly used in car dealerships due to their adaptation to local service specifics. Some studies by scientists focus on the analytical capabilities of CRM in the field of after-sales service, which is especially relevant for dealerships. The use of CRM modules for planning maintenance, managing service requests and monitoring customer feedback allows you to increase the loyalty of car

owners and minimize the number of outflows to competitors. Thus, modern studies confirm the growing role of CRM systems as a tool for increasing the competitiveness of the automotive business.

However, the issue of implementing CRM systems in small and medium-sized enterprises remains insufficiently researched, particularly in the context of specific industries, such as the automotive industry. In these areas, it is advisable to take into account industry specifics and the specifics of client needs when choosing tools and mechanisms for implementing the CRM approach, which accordingly emphasizes the relevance of the research topic chosen by the author.

The abbreviation CRM (from the English . Customer Relationship Management ) in translation means "customer relationship management". In the theoretical and applied sense, the CRM system is interpreted as a set of technological solutions aimed at automating business processes related to communication, support and customer service at all stages of their interaction with the enterprise [ 6 ].

Customer Relationship Management (CRM - Customer Relationship Management ) is considered as a conceptual model and technological system that ensures the integration of all the main tools of business communications in a single digital environment. The essence of the CRM system is to centralize and synchronize elements of the internal organization of the enterprise, in particular, tasks, reminders, diaries, tables, digital communication channels (messengers, e-mail, social networks), websites and documents, which under normal conditions function separately. The integration of these components within a single CRM platform makes it possible to create a unified database of customers, manage transactions, control the activities of managers, perform analytical processing of information and predict commercial results. The main functional blocks of CRM systems, which are characteristic of most modern platforms, are as follows: contact management, lead and sales management (sales process automation), analytics and reporting, customer support and service, integration and multi-channel communication.

The effectiveness of CRM strategy implementation is directly related to the increase in the effectiveness of sales management of the enterprise. As noted by V. Chorny [ 3 ], proper implementation and targeted use of CRM systems allows achieving a significant economic effect due to the action of a combination of operational and strategic factors. Among the key indicators of the effectiveness of CRM initiatives, the author identifies: a reduction in the duration of the sales cycle by 10–15%; an increase in the share of successfully concluded deals in a competitive environment by 5–10%; a reduction in the time to perform routine operations by 25–30% through process automation; an increase in the accuracy of sales forecasting to 80%; a decrease in sales, marketing and service costs by 10–15%; an increase in the effectiveness of marketing campaigns by 5–7%; an increase in the average sales profitability by 15–20%; an increase in cross-selling volumes, including customer support department initiatives, by 5–10%; an increase in customer loyalty.

Let us consider in more detail the current trends in the automotive market regarding the implementation of CRM systems. Over the past few years, the automotive

retail of Ukraine has been experiencing a noticeable digital transformation, a key component of which is the implementation of customer relationship management systems. The global market for CRM solutions for auto dealers is growing rapidly from \$6.13 billion in 2024 to \$6.79 billion in 2025. [ 7 ]. This is due to the increasing complexity of technologies in the automotive industry, higher consumer expectations, and the need to maintain a high level of service. Studies show that the use of CRM can significantly increase business efficiency: sales can increase by an average of 29%, sales department productivity by 34%, and forecasting accuracy by 42% [ 8 ].

The dynamics of changes in the use of CRM in the Ukrainian car market indicates a steady transition from the experimental phase to mass implementation. If 2018–2019 can be characterized by isolated automation projects (mainly in large chains or importers). The heads of leading car holdings were skeptical about the prospects for online car sales, relying on traditional methods of working with customers. Many dealerships used outdated accounting systems (for example, 1C: Alfa-Avto, which was once used by more than 3,000 automotive enterprises in Ukraine and the CIS) or were generally limited to spreadsheets. However, under the influence of the COVID-19 pandemic and other factors, the situation began to change. The pandemic became a catalyst: car dealerships were forced to develop online sales, service bookings via websites, video consultations and more actively use CRM to record remote contacts with customers. During this period, even conservative brands began to more actively implement digital tools, in particular, premium brands such as Lexus reoriented to online interaction with customers to maintain high standards of service [ 9 ]. That is, online dealers appeared in Ukraine and online car and spare parts stores began to open.

In 2022. there were new challenges for the car market, namely the war caused a sharp decline in the new car market (sales decreased by up to 41%), and part of the dealer infrastructure was destroyed [ 10]. In these conditions, CRM systems became a survival tool: they helped to preserve customer bases, maintain contact with them even when showrooms were closed , and also redistribute the focus on after-sales service and the used car market. In 2023. there is a recovery of the car market and intensification of competition for the customer - in these conditions, the level of digitalization of service has become one of the main criteria for the success of dealers.

Among car dealerships, the level of CRM implementation is also growing: both official dealers and independent car sellers are gradually moving from paper magazines and phone books to unified electronic customer databases. In practice, this means that information about each visitor, namely the history of purchases, service calls, test drive results , is accumulated and analyzed centrally. With the beginning of a full-scale war, there was a sharp shift in the market structure of the Ukrainian CRM market: the share of Russian products (which includes the well-known Bitrix24 system) rapidly decreased from 73% in 2021 to 17% in 2024. In contrast, the demand for domestic CRM solutions (from 5% to 53% of requests) and Western systems (from 23% to 33%, respectively) has increased (Fig.1). Today, the leaders in the Ukrainian market are software products Creatio , KeepinCRM , SalesDrive, KeyCRM , etc. [11]. It is worth noting that over the last period, the share of local CRM applications has increased 8 times, which indicates

the desire of car dealers not only for technological efficiency, but also for import substitution and information security in wartime.

The above analysis of the modern CRM solutions market demonstrates the presence of a significant range of software. As a result of the research and comparative evaluation of the systems, three CRM products were selected for implementation, which most fully meet the organizational and technological requirements and the scale of the business. A detailed description of each of them is presented in Table 1.

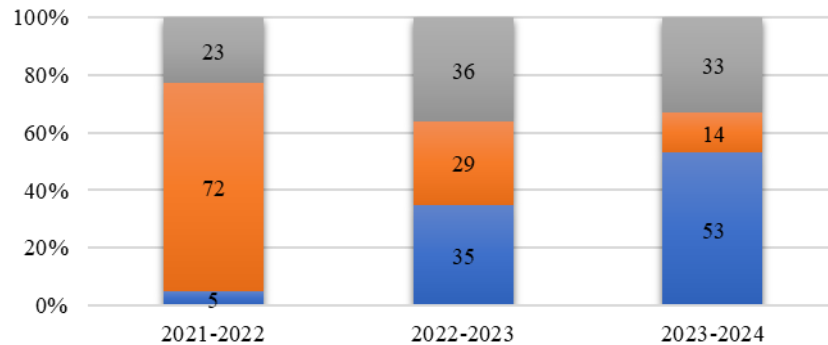


Fig. 1 Requests for the implementation of CRM systems in Ukraine  
Source: [11]

Table 1

**Detailed description of the studied CRM systems**

System name	Characteristic
SalesDrive	sales management system. Its functionality can be adapted to the needs of a specific business, regardless of industry affiliation. The CRM system can be integrated with online stores, telephone services, SMS mailings, logistics operators (in particular, Nova Poshta and Ukrposhta), social networks and messengers ( Instagram , Facebook , Viber , Telegram), as well as with e-mail. Integration with banking and financial instruments (PrivatBank, Monobank ), fiscal registrars (PRO), warehouse modules, cost accounting and billing systems is supported. Interaction with popular e-commerce platforms such as Prom.ua, Rozetka , OpenCart , WordPress and Khoroshop is available , which allows for end-to-end automation of business processes. With quarterly payment, the lowest tariff (for 1-2 users) is 847 UAH/month, and the maximum (for 100 users) is 9295 UAH/month. Annual payment provides a reduced cost.
KeepinCRM	easy-to-use and at the same time functionally rich CRM system, designed to support the company's activities and automate key business processes. The platform combines all the necessary tools - from lead management to financial transaction control. It is characterized by regular updates of functionality and affordable pricing, which makes it an attractive solution for enterprises of various scales. The basic tariff for one user is free, but each subsequent user is paid an additional 299 UAH per month.

**Modern Conditions of Development of Science,  
Education and Production in the World – 2025**

System name	Characteristic
KeyCRM	is a Ukrainian CRM system specialized in supporting commodity businesses, with a focus on automating e-commerce processes. Its functionality is focused on enterprises working with both local and international trading platforms. Availability of ready-made modules for integration with Ukrainian marketplaces (Prom.ua, Rozetka ), as well as with global e-commerce platforms ( eBay , Etsy , Amazon , Shopify , WooCommerce , PrestaShop , Magento ). Supports integration with Ukrainian (Nova Poshta, Ukrposhta, Justin ) and international (USPS, DHL, UPS, FedEx , WesternBid , SellerOnline , SkladUSA ) delivery services and logistics intermediaries. An important functional advantage is the official integration with Instagram ( direct , stories , comments are available directly in the CRM window), as well as with Viber and Telegram messengers. The cost of use is €19 per month for the basic plan with an additional fee for processing a large number of orders.

Source: Authors' own elaboration based on [ 4 , 12 ]

For a more detailed study of each system, we will present their positive and negative aspects (Tables 2, 3).

Table 2

**Advantages of CRM systems operating on the Ukrainian market**

System name	Advantages
SalesDrive CRM	<p><i>Full sales management cycle</i> . The system covers all stages of interaction with the client - from the first contact to the conclusion of repeat deals.</p> <p><i>Integration with Ukrainian services</i> . SalesDrive supports integration with Ukrainian CMS, payment and postal systems, marketplaces , telephony, and other local solutions.</p> <p><i>Advanced functionality</i> . In addition to CRM functions, the platform allows you to keep track of inventory, import and export goods, and automate document flow.</p>
KeyCRM	<p><i>Quick implementation</i> . The system installation process is quick, and the convenient and intuitive interface helps users quickly master the functionality.</p> <p><i>Integration with local and international services</i> . The platform offers ready-made solutions for integration with marketplaces , delivery services, and payment systems, which ensures the convenience of conducting e-commerce.</p> <p><i>Communication with customers</i> . Built-in integration with popular messengers ( Instagram , Viber , Telegram) allows you to process orders and communicate with customers directly within the system.</p> <p><i>Fiscalization of orders</i> . Thanks to integration with the Ukrainian software RPO Checkbox, it is possible to generate and print fiscal checks directly from CRM.</p>
KeepinCRM	<p><i>Ease of use</i> . The system has an intuitive interface with flexible configuration options, which makes it easy to learn.</p> <p><i>Business process automation</i> . The platform allows you to create triggers to automatically perform routine tasks.</p> <p><i>Integration capabilities</i> . CRM easily integrates with local marketplaces , telephony, messengers, and other services, which ensures the convenience of conducting operational activities.</p>

System name	Advantages
	<i>Fast implementation</i> . The system is characterized by high speed of setup and low costs for the initial integration phase.

Source: authors' own elaboration based on [12]

Table 3

**Disadvantages of CRM systems operating on the Ukrainian market**

System name	Disadvantages
SalesDrive CRM	The cost of the license and maintenance is quite high. The system has limitations regarding integration with certain software.
KeyCRM	The system's functionality is focused primarily on the needs of small businesses and online stores. Due to the limited scope of functionality, the platform is not an optimal solution for large enterprises.
KeepinCRM	The system's functionality may be insufficient for large enterprises with extensive business processes. CRM is focused mainly on companies operating in the trade sector.

Source: authors' own elaboration based on [12]

To determine the optimal CRM system, we will use the basics of calculating the multivariate average (Table 4).

Table 4

**Initial data for choosing the optimal CRM system**

Covered swarm	Evaluation criteria for the operator		
	SalesDrive CRM	KeepinCRM	KeyCRM
Program functionality, $x_1$	9.3	7.3	9.5
Program cost, $x_2$	6.3	6.1	6.9
Technical support, $x_3$	6.3	5.3	6
Features of personnel training, $x_4$	7.3	8.1	8.5
Experience in the market of CRM systems for auto parts, $x_5$	6.8	5.3	5.6
Program update cost, $x_6$	5.9	5.2	4.7
Program maintenance cost, $x_7$	6.2	6.3	6,7
Integration with third-party business applications for accounting, telephony, marketing, $x_8$	8.5	8.1	9.2

Source: authors' own development based on [ 13 ]

The basis for calculating the multivariate average is the comparison of the  $j$ th operator with the "standard", that is, with the conditional operator, which has the best results in all indicators, maximum for stimulants and minimum for de-stimulators . Among the indicators included in the system  $x_1, x_3, x_5, x_8$  – stimulants,  $x_2, x_4, x_6, x_7$  – destimulators , hence the "standard" represents the following values of the criteria (Table 5).

Table 5

**Definition of reference criteria for calculating the CRM system**

Covered swarm	"Standard"
Program functionality, $x_1$	9.5
Program cost, $x_2$	6.1
Technical support, $x_3$	6.3
Features of personnel training, $x_4$	7.3
Experience in the market of CRM systems for auto parts, $x_5$	6.8
Program update cost, $x_6$	4.7
Program maintenance cost, $x_7$	5.3
Integration with third-party business applications for accounting, telephony, marketing, $x_8$	9.2

Source: author's own elaboration based on [ 14 , 15 ]

As a result of comparing individual values of the indicator  $x_{ij}$  with the "standard", we obtain relative values ( $y$ , where  $i$  is the index,  $j$  is the operator) (Table 6). Obviously, the closer the  $j$ -th operator is to the "standard", the closer the ratio is  $P_{ij}$  to unity.

Assuming that the indicated indicators are balanced , then the multivariate average is defined as the arithmetic mean of the simple [ 14 ]:

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_i^m P_{ij}}{m} \quad (1)$$

Based on the calculations, the optimal CRM system is SalesDrive , the value of the multivariate average is 0.94, and therefore practically equal to the reference one.

So, SalesDrive is a CRM system that will provide a full cycle of sales process management, covering all stages of interaction with the client: from initial contact to concluding repeat deals. An important advantage of the platform is its adaptability to the Ukrainian business environment, in particular, thanks to integration with payment systems, delivery services, marketplaces , telephony and other services. Advanced capabilities for accounting for warehouse operations, import and export of nomenclature, as well as document workflow automation contribute to increasing the overall efficiency of operational activities.

Table 6

**Calculation of the optimal CRM system based on multifactor average**

Relative values of $P_{ij}$	Evaluation criteria for the operator		
	SalesDrive CRM	KeepinCRM	KeyCRM
Program functionality, $x_{1j}/a$	0.98	0.77	1
Program cost, $a/x_{2j}$	0.97	1	0.88
Technical support, $x_{3j}/a$	1	0.84	0.95
Features of personnel training, $a/x_{4j}$	1	0.9	0.86
Experience in the market of CRM systems for auto parts, $x_{5 \text{ years}}/a$	1	0.78	0.82
The cost of updating the program, $a/x_{6j}$	0.8	0.9	1

Program maintenance cost, $a / x_{7j}$	0.85	1	0.79
Integration with third-party business applications for accounting, telephony, marketing, $x_{8j} / a$	0.92	0.77	1
Multivariate mean, $\bar{P}_{ij}$	0.94	0.87	0.91

Source: author's own elaboration based on [ 14 , 15 ]

In recent years, the CRM systems market in Ukraine has been characterized by stable positive dynamics of development. A significant number of software solutions in the field of customer relationship management presented on the domestic market allows enterprises of various industries to adapt the appropriate systems taking into account the specifics of their activities and strategic goals. Such flexibility ensures increased efficiency of communications with customers, which, in turn, corresponds to the modern paradigm of customer orientation as a key component of competitive business.

The implementation of CRM technologies has a positive impact on key customer service indicators of Ukrainian car dealerships. There is an increase in sales and conversion of leads into purchases due to better processing of requests. For example, in similar projects outside Ukraine, the implementation of specialized CRM has allowed to increase the conversion of potential customers into real deals by 15% or more. CRM helps to increase the share of repeat requests: satisfied car owners are more likely to return to the same dealer for service or the next purchase. The customer satisfaction index increases: managers can respond to requests in a timely manner, personalize communication and control quality at each stage of the customer journey.

In general, CRM systems are multifunctional tools that help improve the quality of management processes. They provide interactive interaction between managers and clients, support processes to increase sales, allow you to identify the most profitable consumer segments, monitor staff activities and evaluate the effectiveness of their work. In addition, such systems contribute to the automation of business processes, increase the productivity of structural units, effectively use internal potential and create a single information and communication environment that provides a prompt response to changes in the market situation and customer needs.

#### **References:**

1. Mozhova, H. V., Morozov, A. O., & Fomin, O. D. (2017). Vykorystannia CRM-system na ukrainskomu rynku: osoblyvosti ta perspektyvy [Use of CRM systems in the Ukrainian market: features and prospects]. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi*, 2(58), 89-93. [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-7\(49\)-918-930](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-7(49)-918-930) [in Ukrainian].
2. Mostova, A. D., & Pozniakova, T. A. (2021). Udoskonalennia upravlinnia rozpodilom ta zbutom produktsii torhovelnoho pidpriemstva z vykorystanniam tsyfrovyykh tekhnolohii. *Academic Review*. 2(55), 59-68. <https://doi.org/10.32342/2074-5354-2021-2-55-6> [in Ukrainian].

3. Sharapa, O. M. (2009). Upravlinnia vidnosynamy z klientamy cherez vprovadzhennia CRM-system yak skladova efektyvnoho vedennia biznesu [Customer relationship management through CRM implementation as a component of effective business]. *Actual Problems of Economics*. 7. 175-183 [in Ukrainian].

4. Yanchuk, T. V., & Boienko, O. Y. (2023). Vprovadzhennia CRM-system yak zasib pidvyshchennia efektyvnosti marketynhovoï diialnosti [Implementation of CRM systems as a means of increasing marketing efficiency]. *Economics and Society*. 48. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-89>

5. Dynamika perekhodu ukrainskoho biznesu na ukrainski ta mizhnarodni CRM-systemy [Dynamics of the transition of Ukrainian business to domestic and international CRM systems]. Retrieved from <https://export.gov.ua/news/> [in Ukrainian].

6. CRM-systemy staly naibilshym sehmentom rynku. [CRM systems became the largest market segment]. Retrieved from <https://news.finance.ua> [in Ukrainian].

7. Auto Dealership CRM Software Market Definition. Retrieved from <https://www.thebusinessresearchcompany.com> [in English]

8. 20 CRM statistics that sales professionals need to know. Retrieved March 10, 2025, from <https://www.nutshell.com> [in English]

9. Onlain prodazhi avtomobiliv ta poiava tsyfrovyykh dileriv: svitovyi dosvid. [Online car sales and emergence of digital dealers: global experience]. Retrieved from <https://www.autoconsulting.com.ua> [in Ukrainian].

10. Market size & trends. Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com> [in English].

11. Prasad, A. (2025). Chastyna ukrainskoho biznesu dosi korystuietsia rosiiskymy CRM – doslidzhennia Ringostat. [Part of Ukrainian business still uses Russian CRM – Ringostat study]. Retrieved from <https://forbes.ua/news/> [in Ukrainian].

12. Desiatka naikrashchykh CRM-system v Ukraini. [Top 10 best CRM systems in Ukraine]. Retrieved from <https://crmsolutions.ua/top-10-best-ukrainian-crm-systems/> [in Ukrainian].

13. Kobyliukh, O. Ya., & Hirna, O. B. (2022). Suchasni pidkhody do lohistychnoho obsluhovuvannia klientiv na osnovi vykorystannia CRM-systemy. [Modern approaches to customer service logistics based on the use of CRM systems]. *Academic Review*. 10-11, 3-12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7025204> [in Ukrainian].

14. Yeryna, A. M. (2007). Statystyka: Strukturno-lohichni skhemy ta zadachi. [Statistics: Structural-logical schemes and problems] Kyiv: KNEU. [in Ukrainian].

15. Matkovskiy, S. O., Hrynkevych, O. S., Soroachak, O. Z., & Halkiv, L. I. (2013). Statystyka pidpriemstv [Enterprise Statistics] (2nd ed.). Kyiv: Alerta. [in Ukrainian].

## CHAPTER 2. INNOVATIVE AND MODERN FOUNDATIONS OF PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY

### 2.1. Development Peculiarities of Foreign Language Speaking Competence of Pre-Service English Teachers

#### ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ІНШОМОВНОЇ МОВЛЕННЕВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ-ВЧИТЕЛІВ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ

**Постановка проблеми.** Роль англійської мови як міжнародної є безперечною в глобальному світі, і проблема навчання майбутніх вчителів англійської мови не втрачає актуальності. Вища освіта реагує на зміни, які відбуваються наразі в країні, зокрема, система підготовки вчителів англійської мови зазнає змін. Нові виклики, що постають перед вищою освітою, призводять до змін у таких аспектах, як от: зміст навчання, методи та система оцінювання. Головне завдання навчання іноземної мови полягає у розвитку іноземної комунікативної компетентності. Застосування традиційних і сучасних методів навчання англійської мови майбутніх вчителів англійської мови має свої особливості та вимагає володіння певними технологіями.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема підготовки майбутніх вчителів англійської мови, зокрема використання комунікативного підходу у навчанні іноземної мови, цікавить багатьох дослідників: Ю. Різник та С. Галаур (2022), Я.В. Григошкіна та ін. (2023), О. Матвіяс (2023), Е. Коляда та І. Калиновська (2023), Г. Бондар та В. Павлюк (2022). Т.М. Філіппович (2025) досліджує особливості застосування проектної технології та її впровадження у викладання іноземних мов у закладах вищої освіти. М. Воробель (2021) досліджує застосування методу комунікативних завдань в навчанні англійської мови у ВНЗ. О.С. Канюк (2023), С.В. Кириченко та Г.В. Овсянко (2020) розглядають особливості дистанційного викладання англійської мови. Існують дослідження, щодо інтерактивних методів навчання монологічного мовлення (Rustamova & Yomirchiyeva, 2025).

Попри значну кількість робіт, присвячених підготовці майбутніх вчителів англійської мови та розвитку їх мовленнєвої компетенції, її розвиток на заняттях з «Практичного курсу англійської мови» та «Філологічного читання художнього тексту» потребує розробок.

**Мета статті** – визначити особливості розвитку іноземної мовленнєвої компетентності та дослідити ефективні технології та засоби формування мовленнєвої компетентності студентів-вчителів англійської мови.

**Інтерактивні підходи до розвитку мовленнєвої компетенції.** Навчання говоріння, зазвичай, є головною метою людини, котра вивчає іноземну мову. За П. Ур (P. Ur) з чотирьох основних мовленнєвих умінь (аудіювання, говоріння, читання і письмо) говоріння інтуїтивно здається найважливішим (Ur, 1996, p. 120). Головна мотивація вивчати іноземну мову – це вміти говорити цією мовою (Zhang, 2009, p. 32). Опанування цієї навичкою передбачає оволодіння такими

навичками як вимова, правильний наголос та інтонація, доцільне використання формальної та неформальної лексики, граматично правильна побудова речення.

Інтерактивні методи вважаються ефективними для розвитку іншомовної мовленнєвої компетентності. Інтерактивні методи передбачають активне залучення студентів до роботи на занятті. Існує кілька інтерактивних та ефективних методів навчання усного мовлення: метод проєктного навчання, кооперативного навчання, ігрові вправи, рольові ігри, керовані дискусії, дебати або групові проєкти (Rustamova & Yomirchiyeva, 2025).

*Метод проєктного навчання.* Цей метод полягає в практичній та конкретній діяльності, яка залучає студентів до реальних або змодельованих проєктів. Наприклад, студенти можуть працювати разом над створенням презентації на певну тему, організувати дебати, провести вигадане інтерв'ю або інсценувати ситуацію з реального життя. Ці види діяльності сприяють розвитку усного мовлення, співпраці та дозволяють навчатися через практику.

*Метод кооперативного навчання.* Кооперативне навчання заохочує студентів працювати в командах або малих групах для виконання завдань і розв'язання проблем. Цей підхід сприяє усному спілкуванню та співпраці між студентами. Наприклад, студенти можуть брати участь у рольових іграх, керованих дискусіях, дебатах або групових проєктах, де вони обмінюються ідеями, аргументують свою точку зору та приймають колективні рішення.

*Ігровий метод навчання.* Ігрові вправи та ігри стимулюють розвиток усного мовлення в цікавий та захоплюючий спосіб. Наприклад, рольові ігри, настільні ігри, адаптовані для вивчення мови, карткові ігри з питаннями та відповідями, загадки або імітаційні ігри можна використовувати для заохочення студентів до усного висловлювання, вирішення лінгвістичних проблем та взаємодії один з одним.

*Метод навчання через практику.* Цей метод передбачає регулярну практику навичок усного мовлення в реальних життєвих ситуаціях. Студенти заохочуються до автентичного використання мови, що вивчається, та занурення в усну комунікативну діяльність. Це можуть бути неформальні дискусії, презентації, інтерв'ю, рольові ігри, дебати або моделювання ситуацій. Навчання через практику допомагає студентам розвинути впевненість та вільне володіння розмовною мовою.

*Метод прослуховування та повторення.* Цей метод передбачає прослуховування та повторення моделей речень і діалогів мовою, що вивчається. Студенти слухають аудіозаписи або дивляться відео, а потім повторюють почуте вголос. Це допомагає покращити вимову, інтонацію, ритм та плавність мовлення. Вправи на повторення можна поєднувати з інтерактивними завданнями, щоб заохотити студентів використовувати вивчені вирази та структури більш творчо та спонтанно.

*Рольові ігри.* Рольові ігри передбачають, що студенти беруть на себе певні ролі та взаємодіють у змодельованих сценаріях. Наприклад, студенти можуть грати ролі клієнта та продавця, пацієнта та лікаря, туриста та гідів або персонажів

прочитаного художнього твору. Такі завдання спонукають студентів практикувати реальні ситуації спілкування та розвивати свої навички усного мовлення.

Інтерактивні методи стимулюють внутрішню мотивацію студентів. Активно залучаючи їх до інтерактивної діяльності та наділяючи їх відповідальністю за власний навчальний процес, вони відчують більшу мотивацію приділяти увагу розвитку своїх усних навичок та прогресувати в них. Інтерактивні методи дають змогу миттєво вносити корективи та отримувати зворотній зв'язок від викладача чи одногрупників.

**Особливості розвитку вивчаючого читання.** Досвід роботи із студентами першого та другого курсів свідчить про ефективність читання автентичних текстів для навчання іноземної мови, зокрема ефективним є вивчаюче читання (читання з повним розумінням тексту). У залежності від комунікативної мети читача виділяють три види читання: вибіркоче читання з вилученням необхідної інформації (*scan reading*), ознайомлювальне, наскрізне читання для розуміння основного змісту тексту (*skim reading*), та вивчаюче або детальне читання для пошуку детальної інформації (*close reading or deep reading*) (Єременко та ін., 2018, с. 16; Єловська, 2019, с. 175).

Вивчаюче читання (читання з повним розумінням тексту) має на меті максимально повне і точне розуміння змісту тексту і його критичне осмислення. Завдання читання з повним розумінням полягає в формуванні вміння самостійно долати труднощі мовного та смислового характеру. Це вдумливе читання, яке здійснюється у повільному темпі – 50-60 слів/хв., а його об'єктом є «вивчення» не мовного матеріалу, а тієї інформації, що подається у тексті (Єременко та ін., 2018, с. 17). Вивчаюче читання художніх текстів передбачає поетапну роботу з текстом. Виділяють три етапи в роботі з текстом: дотекстовий (*pre-reading*), текстовий (*while reading*), післятекстовий (*post-reading*) (Єловська, 2019, с. 176). Передтекстові завдання мають на меті викликати цікавість читача, створити мотивацію для студентів й заохотити їх до читання твору. З іншого боку дотекстовий етап має зробити текст більш «читабельним» (*the text's readability*), частково зняти фонетичні, лексичні та граматичні труднощі.

Текстовий етап передбачає повільне читання тексту, перевірку того, як студенти зрозуміли його зміст та активне використання прочитаної інформації в мовленні. Читач досліджує текст, шукаючи різноманітну інформацію лінгвістичні елементи (ключові слова, соціокультурна лексика, фразеологізми та ідіоми тощо); стилістичні прийоми та виразні засоби (семантичні, синтаксичні, морфологічні та фонетичні); структурні, тематичні та жанрові особливості тексту (Ohrvik, 2024). Післятекстовий етап включає контроль розуміння тексту з його подальшим обговоренням. Завдання цього етапу зазвичай передбачають відповідь на запитання до тексту, що не тільки покращує його розуміння, а й розвиває навички усного мовлення (Філіппович, 2025).

Стратегії вивчаючого читання включають багаторазове прочитання тексту, анотування та обговорення питань до тексту, що веде до екстенсивного аналізу

тексту дозволяють аналізувати значення тексту спираючись на попередні знання та особистий досвід (Кириченко & Овсянко (2020). Пошук зв'язків між ключовими словами, аналіз структурних елементів тексту, особливостей авторського стилю, стилістичних прийомів та виразних засобів дозволяє краще розуміти текст та розвивати навички критичного мислення (Вакі, 2024).

Такі курси, як «Практичний курс англійської мови» та «Філологічне читання художнього тексту» спрямовані на розвиток вивчаючого читання. «Практичний курс англійської мови» (1 курс) включає шість розділів; кожен розділ містить художній текст, пов'язаний з темою розділу та завдання до нього, публіцистичний (нехудожній) текст, що розкриває тему розділу та відповідні завдання.

Вибірковий курс «Філологічне читання художнього тексту» передбачає читання та обговорення автентичних текстів. Обидва курси ґрунтуються на автентичних текстах, що дозволяє студентам зануритися у реальні комунікативні ситуації англійськомовного простору (Андруща, 2018, с. 300). Читання автентичних художніх текстів також сприяє розвитку писемного мовлення, оскільки художній текст пропонує зразки побудови речень, абзаців. Аналіз автентичних художніх текстів слугує основою для усного або письмового повідомлення, стимулює обговорення та дискусії. Вивчаюче читання забезпечує збагачення лексичного запасу, активізацію граматичних структур, розширення кругозору, поглиблення ерудиції та суттєве підвищення загальнокультурного рівня, що є необхідним для вчителя англійської мови (Єременко та ін., с. 60).

Поглиблене читання автентичних текстів передбачає вивчення мови на широкому тлі соціального, культурного, політичного життя людей, які розмовляють цією мовою, тобто у тісному зв'язку зі світом і культурою мови, що вивчається. Отже, студенти вивчають англійську мову, та її світ, тобто культуру, менталітет та національний характер людей, які розмовляють цією мовою (Бондар & Павлюк, 2022, с. 220). Аналіз художніх англійських текстів забезпечує студентів не тільки багатим мовним матеріалом, але слугують також джерелом соціокультурної інформації. Таким чином, цей курс дозволяє майбутнім вчителям англійської мови розвивати соціокультурну компетентність і використовувати отриману соціокультурну інформацію у спілкуванні та професійній діяльності.

Післятекстовий етап читання включає такий вид роботи, як техніка *Shadowing*. Техніка *Shadowing* передбачає ретельне відпрацювання прочитаного тексту: студенти слухають аудіо- або відеозапис й відтворюють його якомога точніше, повторюючи почуте разом із записом (Hamada, 2014). Студент повторює почуте як «тінь, що слідує за людиною, що йде» (Hamada, 2018). Цей метод також сприяє розвитку навичок аудіювання та говоріння (Win, 2020). В залежності від рівня володіння мовою студентів виділяють різні види цього методу (Hamada, 2014), як от: техніка для слухання (*Shadowing for listening*), техніка для розвитку мовлення (*Shadowing for speaking*), вибіркоче повторювання (*Selective Shadowing*). При вибіркочому повторенні студенти повторюють не весь текст, а певні елементи: сполучники, ключові слова, фрази, пов'язані з контекстом тощо (Murphey, 2001).

Майбутні вчителі англійської мови, мають досить високий рівень володіння англійської мови, та здатні застосовувати цю техніку для опрацювання великих частин тексту – 1,5 сторінки. Використовуючи техніку Shadowing вони можуть читати скрипт тексту, чого не передбачається за класичним підходом, таким чином, відбувається text-presented shadowing. Text-presented shadowing – це техніка із більш складним когнітивним процесом, за якої студент концентрує увагу на фонах, що чує, та на літерах, що читає (Kuramoto et al., 2007).

В рамках курсу «Філологічного читання художнього тексту» студенти читають оповідання та поезію. Розглянемо низку можливих завдань для розвитку вивчаючого читання та англомовного мовлення. Пропоновані завдання до тексту включають такі вправи до сонету 130 В. Шекспіра:

#### Pre-shadowing

Вправа 1. Тип вправи: рецептивна

Мета: формувати навички вивчаючого читання студентів

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: National Shakespeare Day is celebrated all over the world on April 23 and we are getting ready to enjoy the day in the best possible way – by reading his works! Read Sonnet 130 and translate the unknown words. Pay attention to the Glossary:

#### Glossary

**dun:** тьмянний, сірувато-коричневий;

**wires: (gold) wires.** Тогочасні декоративні головні убори часто містили золоті дроти, тож цілком нормальним було порівняння пишного світлого волосся із золотими дротами у головному уборі. Тоді, як і зараз, блонд був модним. Однак у коханої волосся – чорне, а не біляве;

**Damask roses.** Дамаські троянди були популярним у той час сортом із запашним ароматом;

**reek** [ri:k] – неприємно пахнути, тут: тхне, пахне. В часи В. Шекспіра це слово не мало такого сильного негативного значення;

**grant** [gra:nt] – тут: визнати, що щось є правдою;

**go** – тут: ходити. Очікувалося, що богиню можливо впізнати за ходом;

**tread** [tred], past tense **trod**, past participle **trodden** – ступати, наступити ногою;

**rare:** чудова, надзвичайна;

**she** – тут: жінка;

**belie** [bi'laɪ], present participle **belying**, past tense and past participle **belied** – обманювати; **false** [fə:ls] – неправильний;

**By heaven** – Heaven knows!, By God!, By Jesus!, By Jove!, By Jupiter! Їй Божу!

(Sonnet 130)

Вправа 2. Тип вправи: рецептивно-продуктивна

Мета: формувати навички вивчаючого читання студентів

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: Read the Commentary (Sonnet 130) and be ready to discuss the questions:

1. *What is the topic of most of Shakespeare sonnets?*

2. What is the topic of Sonnet 130.
3. Why is it called an unconventional love poem? What conventions were set by Petrarch?
4. How does the poet describe his mistress?
5. What is the rhyme pattern of the poem?
6. What do the last two lines imply?

Вправа 3. Тип вправи: рецептивно-продуктивна

Мета: формувати фонетичні навички студентів

Спосіб контролю: фронтальний, індивідуальний

Завдання: Divide into two teams, we will play the grid game with the words from the poem. Fill in the grid (Рис. 1):

e	ɔ	ɔ:	i	i:	əu	eə
treads	goddess	more	mistress	reeks	go	compare
breath	coral	saw	think	cheeks	grow	rare
red	false	walk		pleasing	rose	
heaven				speak		

Рис. 1. Гра-решилка: Sonnet 130

#### Shadowing

Вправа 4. Тип вправи: рецептивна

Мета: розвивати фонетичну компетенцію. Спосіб контролю: фронтальний, індивідуальний

Завдання: Listen to the audio recording. Mark the intonation and stresses. Repeat the sonnet after the recording

#### Aftershadowing

Вправа 5. Умовно-комунікативна

Мета: розвивати мовленнєву компетенцію. Спосіб контролю: фронтальний, індивідуальний

Завдання: Prepare emphatic reading of the sonnet

Вправа 6. Умовно-комунікативна

Мета: розвивати мовленнєву компетенцію. Спосіб контролю: фронтальний, індивідуальний

Завдання: Learn the sonnet by heart

**Навчання мовлення через читання.** Відсутність практичної можливості застосовувати іноземну мову призводить до так званої «німої англійської» (mute English). Це явище полягає в нездатності спілкуватися з іноземцями. Рішенням проблеми є більш інтегрований підхід до навчання іноземної мови де навчання граматики та лексики комбінуються із навчанням мовлення. Навчання читання і письма в поєднанні з мовною практикою дозволяє зосередитися як на рецептивних, так і продуктивних навичках.

Студенти-вчителі англійської мови навчаються мовлення через читання, головним чином, в межах таких дисциплінах, як-от: «Практичний курс англійської мови» та «Філологічне читання художнього тексту». Прикладом

навчання мовлення через читання можуть бути такі завдання післятекстового етапу, спрямовані на розвиток мовлення, як-от: інтерв'ю, обговорення, презентація, інсценування (Zhang, 2009, p. 33-34).

**Читання для інтерв'ю.** Для читання для інтерв'ю підходять тексти різних жанрів: художні тексти з курсу «Філологічного читання художнього тексту» та «Практичного курсу англійської мови»; публіцистичні тексти з «Практичного курсу англійської мови». Студенти працюють парами (інтерв'юер та респондент), обговорюють текст, за потреби перечитують текст, виписують ключові слова. Потім міняються партнерами, але виконують нові ролі. Наприклад, Ш. Армстронг «Справа часу» (*A Matter of Timing* by Ch. Armstrong) – це невелике оповідання, післятекстовий етап роботи над ним може поєднувати відповіді на питання до тексту з тестом на відповідність.

Вправа 1: Тип вправи: рецептивно-продуктивна, умовно-комунікативна

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: Are these sentences true (T) or false (F)? Explain your point of view.

a\_\_ *Jane was a good housewife and never forgot anything.*

b\_\_ *Black thread was for tea.*

c\_\_ *Jane was met by the man with a knife.*

d\_\_ *Jane decided that an automobile was not important.*

e\_\_ *Jane was saved by the people at the slot.*

f\_\_ *People called the police.*

g\_\_ *Jane was in a hurry to get out of the shop as she was late for her work*

Вправа 2: Тип вправи: рецептивно-продуктивна, умовно-комунікативна

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: Answer the questions to the text:

1. *Why did Jane have a black thread tied around her right forefinger?*

2. *What ceremony did she plan for the evening?*

3. *Why did Jane think that memory is odd?*

4. *What happened to Jane when she was leaving the shop?*

5. *How did the man from the parking lot look like?*

6. *How did Jane manage to get free?*

7. *What was the reaction of the people in the parking slot?*

8. *Who called the police?*

9. *How did Jane explain her behaviour?*

10. *What do you think about her character?*

11. *What priorities do you have?*

Питання 10 та 11 відсилають студентів до їх особистого досвіду.

**Читання для дебатів.** Для цього завдання обирається нехудожній текст який містить контрверсійні ідеї. Студенти обговорюють проблему парами: один студент наводить аргументи за, інший – проти. Можлива робота в групі. Під час дебатів студенти заохочуються наводити цитати з тексту, та персоналізувати своє повідомлення, наводити приклади зі свого досвіду (Zhang, 2009, p. 34). Дискусія може поглибити розуміння тексту, до того ж, студенти навчаються розглядати тему з різної перспективи та захищати різні погляди на проблему.

Вправа 1: Тип вправи: рецептивно-продуктивна, умовно-комунікативна

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: Answer the questions to the text:

1. Do you agree with Professor Turkle that “*Communication can be bad for us and we need to learn how to use it better*”? Why/Why not?

2. What is your opinion about social media use (e.g. Twitter/Facebook); online friendship; dangers of social media (e.g. cyberbullying online)?

Вправа 2: Тип вправи: рецептивно-продуктивна, умовно-комунікативна

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: *Discuss the problem of modern communication with your group mate. You support the use of modern gadgets and your friend believes that with all technological progress we miss on something important in our life. Think about the arguments for your opinions.*

**Читання для інсценування прочитаного.** Цей вид роботи викликає цікавість у студентів і підвищує їх мотивацію до вивчення іноземної мови. Для інсценування (драматизації) прочитаного підходять художні тексти з великою кількістю персонажів, але можливо працювати в парах з текстом, де є два персонажі. Можливим є більш ускладнений варіант: розіграти уявний діалог між персонажами тексту за запропонованою гіпотетичною ситуацією.

Наприклад, студенти першого курсу читають уривок з роману «Гордість та упередження» Дж. Остін (*Pride and Prejudice* by J. Austen), розглянемо можливі завдання до тексту. Післятекстовий етап може поєднувати тактики читання для інтерв'ю та читання для інсценування і містити завдання: інсценувати реальний діалог між персонажами та уявний, гіпотетичний за запропонованою ситуацією.

Післятекстовий етап

Вправа 1: Тип вправи: рецептивно-продуктивна, умовно-комунікативна

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: Answer the questions to the text:

1. Explain what is meant by “*It is a truth universally acknowledged, that a single man in possession of a good fortune, must be in want of a wife. However little known the feelings or views of such a man may be on his first entering a neighbourhood, this truth is so well fixed in the minds of the surrounding families, that he is considered the rightful property of some one or other of their daughters.*”

2. What news does Mrs. Bennet tell her husband? What does she want her husband to do?

3. Why is it so important for Mr. Bennet to visit the newcommmer?

4. What does Mr. Bennet suggest? What makes Mrs. Bennet so upset?

5. What is the attitude of Mr. Bennet to his daughters?

6. How does the narrator characterise Mr. Bennet and Mrs. Bennet?

Вправа 2: Тип вправи: рецептивно-продуктивна, умовно-комунікативна

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: Act out a dialogue between Mr. and Mrs. Bennet

Вправа 3: Тип вправи: рецептивно-продуктивна, умовно-комунікативна

Режим виконання: усно. Спосіб контролю: фронтальний

Завдання: а) Fancy the visit of Mr. Bennet to his new neighbor, Mr. Bingley. Act out a dialogue between them.

b) Act out a dialogue between Mrs. Bennet and her friend Lady Lucas discussing their new neighbour and Mr. Bennet's reluctance to visit him.

c) Act out a dialogue between Bennet sisters discussing their new neighbour.

**Читання для презентації.** Студенти виписують ключові слова та фрази, готують план повідомлення. Презентація буде більш ефективною, якщо поєднується з інтерв'ю. Можливе завдання: Speak on the 3 British dishes of your choice. Your Report should be based on the text *15 British Foods You Have to Try*.

**Навчання мовлення через комунікативну граматику.** Комунікативне навчання мови можливо визначити як навчання мови для комунікативних цілей (Larsen-Freeman, 2014; Ostafiychuk, 2023). Комунікативний метод, який використовується у навчанні граматики ґрунтується на імпліцитному підході, який передбачає, що студенти мають вивести правило самі, із контексту ситуації де вжито граматичну структуру, на противагу традиційному перекладному підходу. Перекладний метод навчання граматики ґрунтується на експліцитному підході. Цей підхід передбачає ознайомлення з правилами, вивчення граматичних структур окремо від контексту в якому вони вживаються (Putra et al.). Перекладний метод – це вчителе-центричний метод, який передбачає вивчення напам'ять лексики та правил, що пояснюють граматичні структури, а також виконання лексичних та граматичних вправ. В основі перекладного методу лежить переклад з іноземної мови на рідну та навпаки.

Спочатку, комунікативний метод розуміли як навчання граматики без правил. Проте, комунікативний підхід не заперечує викладання граматики взагалі, під ним розуміють таке навчання граматики, яке дозволяє ефективно брати участь у комунікації. Комунікативний підхід до навчання граматики передбачає серію міні-уроків, присвячених розвитку мовлення за рахунок урізання пояснення теорії. Такі міні-уроки надають можливість студентам усвідомити логічні зв'язки в мовній системі. Викладач має заохотити студентів користуватися мовою, залучити їх до комунікації, створити атмосферу, яка сприяє комунікації. На занятті викладач має звести виправлення помилок до мінімуму, і сприяти інтерактивному навчанню. Навчання комунікативної граматики передбачає те, що студенти залучаються до комунікативних завдань на кожному занятті.

Комунікативний підхід для навчання граматики передбачає проведення дискусій, граматичних ігор, рольових ігор та інших інтерактивних завдань. Такі комунікативні завдання дозволяють студентам вживати граматичні структури у «реально наявних умовах» (DeKeyser, 1998). Комунікативне навчання граматики передбачає концентрацію як на усному, так і на писемному мовленні. Усні та письмові завдання мають сприяти комунікації студентів. Виділяють три аспекти знань, що є необхідними для опанування іноземної мови: форма, значення та мета (Siao-cing, 2013, p. 128-129). Навчання граматики має передбачати висвітлення таких аспектів як значення граматичної форми та прагматична мета (Ostafiychuk, 2023). Важливим складником комунікативної граматики є

використання автентичних матеріалів, які дозволяють розуміти як мова використовується в різних ситуаціях (Roeder et al., 2020, p. 128-129).

Досвід роботи показує, що іноді студенти надають перевагу традиційним методам з демонстрацією правил і прикладів. Використання автентичних текстів на занятті не завжди сприяє ефективному формуванню іншомовної компетентності, адже матеріал має бути створений з навчальними цілями. Комунікативна граматики з індуктивним (імпліцитним) способом викладу граматичного матеріалу, без наочної демонстрації граматичного правила, не дає чіткого розуміння граматичних структур (Çiftci & Özcan, 2021). Наразі популярним є змішаний підхід, або «слабка версія комунікативного методу, його пом'якшений варіант. «Слабка» версія комунікативної граматики (Roeder et al., 2020) не заперечує формо-центричний підхід до навчання граматики й розглядає його як додатковий. Отже, студенти спостерігають за граматичним явищем або структурою, виводять висновки щодо їх функціонування, їм демонструється правило та пояснення.

Комунікативний метод дозволяє студентам використовувати мову в контексті та брати участь в ефективній комунікації, що є метою навчання іноземної мови. Те, який метод навчання граматики обирає викладач, може залежати від потреб студентів, від стилю навчання окремих студентів та від цілей курсу. Для покращення ефективності навчального процесу застосовують «слабку» версію комунікативної граматики (Pavlovych & Ivanova, 2016).

Навчання комунікативної граматики передбачає розгляд граматичної структури на рівні контексту, що є більшим ніж речення. Адже існує різниця між тим, коли студенти намагаються зрозуміти граматичне явище в певних прикладах або обирають правильну форму у вправі, і тим, коли є можливість спостерігати, як мовна одиниця використовується в усному або писемному мовленні. Заняття, спрямоване на навчання граматики в контексті, не мусить обов'язково починатися із контексту (Lytovchenko, 2009), як це передбачає «жорстка» версія комунікативного підходу. «Слабка» версія комунікативного підходу дозволяє розпочати заняття із граматичного правила та прикладів, а потім продемонструвати те, як граматична структура використовується в контексті. Досвід показує, що обираючи яким чином представити граматичну структуру – від контексту до правил чи навпаки, потрібно брати до уваги рівень володіння мовою студентами, їх попередній досвід навчання та рівень складності граматичного матеріалу.

Прикладом комунікативного завдання, спрямованого на засвоєння граматичних структур можуть бути інтерв'ю. Наприклад, інтерв'ю спрямоване на засвоєння The Perfect Tense – *“What Have you done...?”*. Студенти використовують The Perfect Tense в питальних та розповідних реченнях в усному та писемному мовленні. Вправа має на меті консолідувати The Perfect Tense, тому на початку потрібно нагадати структуру таких речень: *I have read this book. He has read this book. They had read this book, before you asked about it. She will have read this book before the exam.* Викладач попереджає студентів, що під час інтерв'ю їм потрібно придумати

цікаву відповідь або план виходу із складної ситуації на ходу, та пропонує список запитань на кшталт:

- *“Have you seen the elephant?”*
- *“What good thing have you done this week?”*
- *“What will you have done before you graduate from the University?”*

Студенти, маючи анкети зі списком запитань та прізвищами однокласників, опитують одне одного і роблять короткі записи. В кінці опитування можливо попросити кожного відмітити три найоригінальніші або найдотепніші відповіді. Найцікавіші відповіді записуються на дошці або зачитуються, можливо влаштувати голосування.

Необхідним елементом комунікативної граматики є підвищення усвідомлення (awareness raising) (Ellis, 2015), що дозволяє студентам зрозуміти властивості певних граматичних структур. Викладач допомагає студентам помітити характерні риси граматичних явищ або структур. Приклад завдання на підвищення усвідомлення – знайти в тексті певні граматичні структури (модальні дієслова, герундії, інфінітивні та дієприкметникові конструкції тощо). Студенти ідентифікують всі випадки застосування граматичної структури в тексті, аналізують її форму, значення та прагматичну мету.

Викладання граматики у великій аудиторії (22 особи) може становити певний виклик, який може вирішити застосування групової роботи або роботи в парах. Викладач може розбити студентів на пари або групи та відслідковувати, як студенти пораються із завданням. Досвід показує, що працюючи з великими групами, складно зробити комунікативним все заняття, але можна зробити одне або кілька інтерактивних завдань на кожному занятті.

Працюючи з великою аудиторією можливо використовувати такі комунікативні завдання, як-от: написати твір на певну тему, використовуючи вивчену лексику та граматичні структури, зняти відеоролик, взяти інтерв'ю, створити діалог і розіграти його в аудиторії, записати подкасти, створити блоги.

Окрім роботи в групах на занятті з граматики англійської мови ефективності сприяють завдання, пов'язані із життям студентів або які їх цікавлять. Ефективним є завдання на початку заняття – *“What did you do yesterday?”* or *“What did you do on holiday?”* Таке опитування може бути мовленнєвою зарядкою. Таке завдання для групової роботи дозволяє закріпити граматичну тему (Past Simple), до того ж дозволяє студентам більше дізнаються одне про одного, що робить завдання значимим для них.

Студенти складають п'ять запитань про те чим вони займалися в минулому, використовуючи минулий час. За необхідності викладач може навести свій приклад: *“Yesterday, I went shopping. On holiday, I went to Lviv.”* Студенти можуть користуватися словниками. Зачитується список кожної групи та виправляються помилки. Виграє група з максимальною кількістю граматично правильних речень. Коли студенти працюють парами або в групі, беруть участь в обговоренні певної теми, вони беруть участь у спонтанному говорінні. Саме від викладача залежить створення сприятливого клімату, який мотивує студентів говорити.

Можливі завдання для комунікативної граматики включають: граматичні ігри, рольові ігри, обговорення, дебати, повідомлення тощо. Ігри вважають ефективним методом навчання граматики, оскільки дозволяють студентам розвивати мовні навички в приємній та комфортній ситуації (Тригуб, 2013). Завдяки граматичним іграм студенти закріплюють граматичні навички та використовують їх у життєвих ситуаціях.

Розглянемо можливості комунікативного методу навчання модальних дієслів *Be to, Must, Have to, Need*. Комплексний підхід до цієї теми поєднує пряме пояснення та презентацію використання граматичних структур із комунікативними завданнями, що допомагають консолідувати граматичний матеріал та розвивати навички усного мовлення.

Презентація граматичного матеріалу включає такі знайомством із семантичним значенням модальних дієслів та морфологічними особливостями інфінітиву, що використовується з модальними дієсловами. На етапі консолідації граматичних структур із модальними дієсловами пропонуємо застосувати граматичну гру-решітку (Grid Game) (див. Рис. 2.):

Modal verbs Grid 1  
Subject \_\_\_\_\_  
Verb \_\_\_\_\_

<i>Emphasis</i>	<i>Necessity due to some circumstances</i>	<i>Absence of necessity</i>
<i>Prohibition</i>	<i>Probability, past</i>	<i>Immediate necessity</i>
<i>Planned action which wasn't carried out</i>	<i>Invitation</i>	<i>Precondition</i>

Рис. 2. Гра-решітка: Значення модальних дієслів *Be to, Must, Have to, Need*

**Використання гри-решітки для закріплення модальних дієслів *Be to, Must, Have to, Need*.**

**Навички:** студенти практикуються використовувати модальні дієслова та інфінітив. Під час гри студенти розвивають навички говоріння, письма, читання та аудіювання.

**Обладнання:** дошка та маркери; таймер.

**Правила:** 1) Намалювати на дошці велику решітку 3x3. Студенти діляться на дві групи Х та О. Написати на дошці обране дієслово та підмет речення (іменник/займенник). Підметом речення може бути ім'я когось із присутніх або відомої студентам особи; 2) Звернути увагу студентів, на те що за правильну відповідь у відповідну клітинку вписується символ команди (Х або О). Виграє команда, яка перша заповнить своїми символами один рядок по вертикалі, горизонталі або діагоналі. Студенти мають придумати речення із запропонованим підметом, модальним дієсловом (*Be to, Must, Have to, Need*) і правильною формою дієслова, відповідно до значення вказаного в обраній клітинці решітки. Якщо команда пише граматично правильне речення, у відповідну клітинку вписується символ команди (Х або О); 3) Студенти обирають

клітинку із значенням модального дієслова, мають не лише вписати три літери підряд в один рядок, а й перешкодити іншій команді досягти цієї мети; 4) Перша команда обирає клітинку із запропонованим значенням модального дієслова. Викладач фіксує час (1 хвилина), команда обговорює варіанти речення із відповідним значенням модального дієслова. Коли збігає призначений час, один студент записує на дошці остаточний варіант, обраний командою. Гра закінчується, якщо одна команда вписує в один рядок три символи поспіль, або якщо всі клітинки заповнені.

Наприклад, Modal verbs Grid 1 (див. Рис. 3.):

Subject    Lora             
Verb    Come/Go           

<b>Emphasis:</b> <i>Lora <u>must always come</u> late!</i> <i>It's awful. ○</i>	<b>Necessity due to some circumstances:</b> <i>Lora <u>has to come</u> early, as she has a lot of work to do. ✕</i>	<b>Absence of necessity:</b> <i>Lora <u>needn't have come</u> so early. We could do everything without her help. ○</i>
<b>Prohibition:</b> <i>Lora <u>mustn't come</u> to our meeting. She doesn't belong to our team. ○</i>	<b>Probability, past:</b> <i>Lora <u>must have come</u> yesterday. She was seen at the office. ✕</i>	<b>Immediate necessity:</b> <i>Lora <u>must go</u> to the office immediately. Something has happened there. ○</i>
<b>Planned action which wasn't carried out:</b> <i>Lora <u>was to have come</u> yesterday. But she didn't do it. ✕</i>	<b>Invitation:</b> <i>Lora <u>must come</u> and see our new office. ✕</i>	<b>Precondition:</b> <i>If Lora <u>is to come</u> there on time, she should take a taxi. ✕</i>

Рис. 3. Приклад гри-решилки: Значення модальних дієслів *Be to, Must, Have to, Need*

Інші види можливих комунікативних завдань на модальні дієслова, неособові форми дієслова тощо:

- знайти в навчальному тексті всі речення з модальними дієсловами / неособовими формами дієслова / умовними реченнями тощо, обговорити в парах форму і функцію модального дієслова, присудка або неособової форми дієслова;
- написати та розповісти історію яка б містила модальні дієслова / умовні речення / дієприкметники / предикативні конструкції з інфінітивом / дієприкметникові предикативні конструкції;
- переказати прочитаний або почутий текст і використати модальні дієслова, неособові форми дієслова.

Написати статтю для соціальних мереж, есе, огляд фільму або анотацію твору (Plot Summary) і використати відповідні граматичні структури.

**Розмовна граматики.** Навчати граматиці комунікативно неможливо не враховуючи розмовну граматику. Розмовна граматики (Spoken Grammar) англійської мови є доволі контрверсійним питанням. Комунікативний підхід до

навчання англійської мови, напевно, передбачає знайомство з елементами розмовної граматики.

Розмовна граматики мови може суттєво відрізнятися від граматики писемного мовлення. Усному мовленню властиві спонтанність та незапланованість (Cullen & Kuo, 2007). Властивості розмовної англійської мови є причиною певних окремих особливостей граматики розмовної англійської, яка виникає під час реального спілкування мовців (Sami, 2014). На відміну від писемної англійської, розмовна англійська відбувається в реальному часі – мовець не має можливості редагувати усне мовлення.

Невикористання розмовної граматики може призвести до проблем із вільним та спонтаним мовленням студентів (Mumford, 2009). Навички розмовної граматики англійської мови покращують швидкості мовлення, підвищують автентичність мовлення на занятті. Розмовна граматики англійської мови включає: еліпсис (ellipses), емфатичну препозицію (heads), пояснювальну постпозицію (tails), заповнювачі пауз (fillers), маркери зворотного зв'язку (backchannels), лексико-граматичні конструкції (phrasal chunks / vague language (Sami, 2014). Еліпсис (ellipses) визначають як відсутність певних елементів, які зазвичай є частиною граматичних конструкцій, e.g. "Any news?" Емфатична препозиція (heads), також відома як ліва дислокація, дозволяє зробити вступ до теми перед тим, як надати інформацію про неї (Cullen & Kuo, 2007, p. 366), наприклад: *Your wife, she's a doctor, isn't she?*

Пояснювальна постпозиція (tails), також відома як права дислокація, – це коментар, що додається в кінці фрази, наприклад: *He's really quite nice, Robert is.* До функцій пояснюючої постпозиції відносять пояснення, вираження особистого ставлення (Timmis, 2010). Пояснююча постпозиція дозволяє мовцям редагувати свої коментарі та надавати оціночні судження та уточнення щодо теми (Rühlemann, 2006).

Заповнювачі пауз (fillers) – це слова і словосполучення, як-от: "er", "well" тощо, які не мають специфічного значення, і дозволяють мовцю зібратися з думками. Маркери зворотного зв'язку (backchannels) – це слова і словосполучення як "oh", "I see" тощо, які використовують для демонстрації уваги до мовця та заохочення мовця продовжувати (Stenström, 2004).

Лексико-граматичні конструкції (phrasal chunks) – це сталі вирази які можуть сполучатися з іншими елементами, але функціонують як готові лексичні одиниці (Cullen & Kuo, 2007). Лексико-граматичні конструкції можуть створювати невизначеність (vagueness) "sort of", "kind of", демонструвати ввічливість "a little bit" та маркувати структуру дискурсу "I mean", "you know". Всі вони можуть діяти як заповнювачі пауз: дозволяють мовцю зробити паузу в режимі реального часу.

Наразі, немає однастайності в тому, чи потрібно навчати розмовної граматики у курсі викладання англійської мови як іноземної, немає визначеності щодо підходів або в якому обсязі має викладатися розмовна англійська мова. Проблема навчання розмовної граматики включає необхідність використання автентичних аудіо- та відеоматеріалів, що демонструють розмовні елементи.

Іншим питанням є: чи потрібно навчати розмовної граматики для розвитку комунікативної компетенції студентів та питання, чи навчати студентів продукувати розмовну англійську або тільки зосередитися на розпізнанні її елементів.

Деякі курси англійської мови містять завдання на розмовну граматику. Так, *Speakout Advanced* містить вправи на лексико-граматичні конструкції, характерні для розмовної граматики (Vague Language), і містить вправи на застосування еліпсису та лексико-граматичних конструкцій. Наприклад, студентам пропонується прослухати діалог, виконати кілька вправ на загальне розуміння, а потім звернути увагу на випадки вживання в діалозі невизначеної мови (Vague Language). На обговорення пропонується питання: *Why do the speakers use vague language? Does it sound formal or casual?* Проте, зазвичай, посібники не містять матеріалу присвяченого розмовній граматиці. Ті посібники, які торкаються розмовної граматики, загалом мають завдання на розпізнання (noticing tasks). Таким чином, наголос робиться на розпізнанні та усвідомленні елементів розмовної граматики, а не на активному використанні в мовленні.

Для навчання розмовної граматики необхідні аудіо, відео або тексти в писемній формі, що містять лексико-граматичні конструкції, еліпсис, емфатичну препозицію, пояснюючу постпозицію, заповнювачі пауз, маркери зворотного зв'язку, прямий порядок слів в питальних реченнях тощо. Для навчання розмовної граматики пропонують використовувати методологію трьох "I" – ілюстрація, індукція, інтеракція (Carter, & McCarthy, 1995). Студенти слухають або читають текст, що містить елементи розмовної граматики. Можлива інструкція:

*What is peculiar about the word order of interrogative sentences?* (Відповідь: direct word order). *Pay attention to the syntax of the sentences... What is peculiar about it?* (Відповідь: ellipsis, heads, tails). *Do the sentences sound ... formal or casual?* (Відповідь: casual). *What words have been left out? Why is this?* (Відповідь: ellipsis)

Після того як студенти ідентифікували елементи розмовної граматики, їм пропонується прочитати правила утворення еліптичних речень, визначення маркерів зворотного зв'язку тощо. Отже, відбувається розпізнання елементів розмовної мови, студенти доходять висновків щодо функції граматичної структури та особливостей вживання елементів розмовної граматики в мовленні. Можливі завдання на лексико-граматичні конструкції можуть містити такі інструкції:

- *Distribute phrasal chunks into different categories (Vague language, modifying an amount, discourse structures);*
- *Listen to the recording/watch the video and count phrasal chunks you here;*
- *Listen to the recording/watch the video and insert the phrasal chunks you here;*
- *Make your own dialogue, make use of the phrasal chunks and act it out;*
- *Have a conversation with the partner use five phrasal chunks.*

Можливі вправи на опанування емфатичної препозиції та пояснювальної постпозиції включають завдання на розрізнення цих елементів розмовної граматики, наприклад: I. *Read the text, underline the heads and tails.* Для консолідації

матеріалу можливо запропонувати студентам трансформувати нейтральний діалог шляхом додавання лівої і правої дислокації: *Add heads and tails to the dialogue*.

Можливим завданням з розмовної граматики є проєкт – взяти інтерв'ю в людини, для якої англійська мова є рідною і зробити аудіо запис або знайти в інтернеті відео матеріал з мовцями, котрі використовують в мовленні елементи розмовної граматики. Наступний крок – проаналізувати запис щодо використання різноманітних елементів розмовної граматики. Згадані вище вправи та завдання мають на меті сприяти усвідомленню ролі розмовної граматики в автентичному мовленні.

**Змішане навчання.** Змішане навчання (blended learning) є можливістю включити онлайн-технології до заняття в класі. Змішане навчання граматики англійської мови передбачає комбіноване навчання – де студенти використовують такі традиційні засоби навчання як підручник та посібники, та електронні засоби навчання (Garrison, & Kanuka, 2004). Для навчання граматики можливо використовувати такі електронні засоби, як онлайн-платформи, серед яких й ті, що створені на основі штучного інтелекту, різноманітні відео матеріали, які можливо інкорпорувати в навчальний процес та генератори тестів і вікторин. Змішане навчання поєднує з одного боку особисте спілкування, а з іншого боку – студенти використовують онлайн-ресурси для засвоєння граматичного матеріалу.

Використання цифрових інструментів на занятті з граматики дозволяє значно урізноманітнити форми і відповідні технології оволодіння іноземною мовою. Застосування цифрових інструментів навчання іноземної мови дозволяє компенсувати відсутність природного іншомовного середовища на всіх етапах навчання; повніше реалізувати принцип наочності; здійснювати навчання з урахуванням індивідуальних типологічних особливостей кожного; створити кращі умови для програмування і контролю; забезпечити прискорене формування і розвиток навичок слухового самоконтролю; максимально використати аналітичні й імітаційні здібності студентів, повніше мобілізувати їхні внутрішні ресурси; виконувати багато видів вправ з усіма студентами одночасно (Городнича, 2013).

Корисними інструментами для змішаного навчання є генератори тестів. Один із найзручніших – генератор тестів Classtime. Цей інструмент не тільки дозволяє перетворити тест на вид діяльності в аудиторії, але й забезпечує миттєвий зв'язок між студентами та викладачем. Classtime – це онлайн-платформа для дистанційного та очного навчання, що дозволяє залучити всіх студентів, провести оцінювання та проаналізувати результати (Максимова & Апалат, 2022).

Classtime має велику кількість інструментів тестування студентів. Викладач може додавати до тесту зображення, аудіо- та відеозапис, як з пристрою викладача, так із інтернету і відеохостингу YouTube. Відповіді всіх студентів автоматично у реальному часі висвітлюються на екрані ноутбуку викладача (в аудиторії – на екрані мультимедійної дошки), таким чином створюється миттєвий зв'язок. Студенти можуть робити тести з будь-якого девайса, зокрема смартфона. Цей застосунок дозволяє миттєво оцінювати рівень розуміння та прогресу

кожного студента індивідуально та усієї групи в цілому. Аналіз відповідей по кожному завданню дозволяє зрозуміти, які запитання студенти засвоїли краще, які гірше. Викладач може завантажити індивідуальний та загальний звіт результатів і, отже, зосередити увагу на помилках студентів та проблемних питаннях, звернути увагу на проблемні питання під час післятестового аналізу граматичного матеріалу. Нова функція цієї платформи дозволяє викладачеві робити коментар до відповіді кожного студента, що покращує використання додатку для написання лексико-граматичних перекладів.

Отже, поєднання цифрових інструментів із традиційними засобами при змішаному навчанні додатково забезпечують практичну спрямованість навчального процесу та допомагають створити реальні можливості застосування студентами набутих компетенцій. Важливою властивістю таких засобів також є інтерактивність, яка сприяє забезпеченню зворотного зв'язку.

Використання комп'ютерних технологій у викладанні іноземної мови дозволяє підвищити індивідуалізацію навчальної діяльності студентів, оптимізувати засвоєння мовних структур та граматичних правил, а також подолати монотонність заняття при формуванні мовленнєвої та комунікативної компетенції студентів. На практичних заняттях із використанням електронних засобів значно зростає мотивація студента до навчання, адже саме завдяки такій роботі студент може позбутися однієї з головних причин негативного ставлення до навчання – відсутності успіху. Використання цифрових сервісів на занятті надає йому сучасності та підвищує мотивацію студентів.

**Висновки.** Інтерактивні методи навчання усного мовлення підвищують мотивацію студентів до вивчення іноземної мови. Метод проєктного навчання, кооперативного навчання, ігрові вправи, рольові ігри, керовані дискусії, дебати або групові проєкти сприяють розвитку усного мовлення, співпраці та дозволяють навчатися через практику. Читання автентичних текстів, зокрема, вивчаюче читання, сприяє розвитку іншомовної мовленнєвої компетенції майбутніх вчителів англійської мови. Поетапні стратегії вивчаючого читання дозволяють студентам краще розуміти текст та розвивати навички критичного мислення. Інтегрований підхід до вивчення іноземної мови передбачає навчання мовлення через читання. Навчання мовлення через читання включає такі завдання післятекстового етапу читання, як-от: інтерв'ю, обговорення, презентація, інсценування прочитаного або уявного діалогу між персонажами.

Комунікативна граматики дозволяє студентам засвоювати граматичні структури в контексті. Можливі завдання для комунікативної граматики включають: граматичні ігри, рольові ігри, обговорення, дебати, повідомлення тощо. Граматичні ігри надають можливість консолідувати граматичні навички та використовувати їх у ситуації, яка пов'язана із реальним життям або майбутньою професійною діяльністю.

Комунікативний підхід до викладання граматики англійської мови передбачає застосування елементів розмовної граматики: лексико-граматичні конструкції, еліпсис, емпатичну препозицію, пояснюючу постпозицію,

заповнювачі пауз, маркери зворотного зв'язку, прямий порядок слів в питальних реченнях тощо. Студенти мають бути обізнані щодо розмовного варіанту граматики англійської мови, який є результатом спонтанності та незапланованості усного мовлення. Навчання розмовної граматики англійської мови сприяє покращенню швидкості мовлення, підвищує автентичність мовлення на уроці англійської мови.

Змішане навчання передбачає застосування онлайн-технологій на занятті в класі. Змішане навчання поєднує особисте спілкування, та можливість застосовувати онлайн-ресурси для засвоєння граматики іноземної мови. Використання цифрових інструментів на занятті з граматики дозволяє значно урізноманітнити форми і відповідні технології оволодіння іноземною мовою. Корисними інструментами для змішаного навчання є конструктори тестів, які мотивують до вивчення іноземної мови, розвивають граматичну компетентність та економлять час і зусилля, як викладача так і студента.

#### Список використаних джерел

Різник, Ю., & Галаур, С. (2022). Інноваційні методики та технології викладання іноземних мов у закладах вищої освіти. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 4(56). 83-88. <https://doi.org/10.24919/2308-4863/56-4-14>

Григошкіна, Я.В., Яненко, І.В., & Оверчук О.В. (2023). Мовні практики та комунікативний підхід у викладанні англійської мови: аналіз впливу на результативність навчання. *Вісник науки та освіти*. 8(14). 54-70. <http://perspectives.pp.ua/index.php/vno/article/view/6170/6203>

Матвіяс, О. (2023). Сучасні підходи до методики викладання англійської мови у вищих навчальних закладах. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти*. Серія «Педагогіка. Психологія». 4. 77-85. <https://doi.org/10.32782/academ-ped.psyh-2023-4.13>

Коляда, Е., & Калиновська, І. (2023). Комунікативний підхід до вивчення іноземної мови в контексті забезпечення якості вищої освіти. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія»: Серія «Філологія»*. 17(85). 14-18. <https://journals.oa.edu.ua/Philology/article/view/3792>

Бондар, Г., & Павлюк, В. (2022). Основи професійної компетентності вчителя іноземної мови. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 48(1). 217-222. [http://www.apfn-journal.in.ua/archive/48\\_2022/part\\_1/33.pdf](http://www.apfn-journal.in.ua/archive/48_2022/part_1/33.pdf)

Філіпович, Т.М. (2025). Застосування проектної технології у процесі вивчення іноземних мов у закладах вищої освіти. *Суспільство та національні інтереси*. Серія «Освіта/Педагогіка». 3(11). 442-454. <http://perspectives.pp.ua/index.php/sni/article/view/21051>

Воробель, М. (2021). Ефективність технології Task-Based Learning в розвитку мовленнєвих навичок студентів при вивченні англійської мови. *Грааль науки*. 1., 349-356. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.02.2021.073>

Канюк, О.С. (2022). Науково-педагогічні аспекти викладання англійської мови у вищій школі в умовах дистанційного навчання. *Інноваційна педагогіка*. 47. 63-67. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/52879>

Кириченко, С.В., & Овсянко, Г.В. (2020). Викладання англійської мови для студентів технічних ЗВО в умовах дистанційного навчання. *Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки*. 3(36). П. 175-180. <http://journalsofznu.zp.ua/index.php/pedagogics/article/view/2207/2114>

Rustamova, F.I., & Yomirchiyeva, M.M. (2025). Interactive Methods of Teaching Oral Speech. *Western European Journal of Linguistics and Education*, 3(03). 47-51. <https://westerneuropeanstudies.com/index.php/2/article/view/2177>

Деркач, С. (2024). Особливості навчальних програм для підготовки майбутніх учителів англійської мови у ВНЗ Польщі та України. *Порівняльно-педагогічні студії*. 1(19). 37-42. [https://library.udpu.edu.ua/library\\_files/poriv\\_ped\\_stydii/2014/2014\\_1/6.pdf](https://library.udpu.edu.ua/library_files/poriv_ped_stydii/2014/2014_1/6.pdf)

Єременко, Т.Є., Трубіщина, О.М., Лук'янченко, І.О., & Юмрукуз, А.А. (2018). Навчання читання англійською мовою студентів мовних факультетів. *Навчальний посібник з курсу методики викладання іноземних мов у закладах вищої освіти*. Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського. Одеса. <http://dspace.pdpu.edu.ua/bitstream/123456789/2137/1/Learning%20reading.pdf>

Словська, Ю. (2019). Методика навчання читання англійською мовою з використанням автентичних текстів для студентів спеціальних факультетів (на матеріалі роману К. Льюїса "Хроніки Нарнії: Лев, чаклунка і стара шафа"). *Філологічні студії: Науковий вісник Криворізького державного педагогічного університету*. 20. 171-181. <https://doi.org/10.31812/filstd.v20i0.3702>

Ohrvik, A. (2024). What is close reading? An exploration of a methodology. *Rethinking History*. 28(2). 238-260. <https://doi.org/10.1080/13642529.2024.2345001>

Baki, Y. (2024). The Impact of Close Reading Strategies on Individual Innovativeness and Life Skills: Preservice Teachers. *Behavioral Sciences*. 14(9). 816. <http://dx.doi.org/10.3390/bs14090816>

Андруща, Ю.С. (2018). Роль і особливості використання автентичних текстів в умовах мультилінгвального навчання англійської мови. *Міжкультурна й міжмовна комунікація: проблеми, питання, вирішення*. 12. 297-305.

Hamada, Yo. (2014). The effectiveness of pre- and post-shadowing in improving listening comprehension skills. *The Language Teacher*. 38.1. 3-10. [https://jalt-publications.org/sites/default/files/pdf-article/38.1tlt\\_art1.pdf](https://jalt-publications.org/sites/default/files/pdf-article/38.1tlt_art1.pdf)

Hamada, Yo. (2018). Shadowing: What is It? How to Use It. Where Will It Go? *RELC Journal*. 50(3). 386-393. <https://doi.org/10.1177/0033688218771380>

Win, P.Y. (2020). An investigation of the shadowing technique in teaching speaking to English as a Foreign Language students. *British Council*. [https://www.teachingenglish.org.uk/sites/teacheng/files/Pwint%20Yee%20Win\\_DOI\\_v3.pdf](https://www.teachingenglish.org.uk/sites/teacheng/files/Pwint%20Yee%20Win_DOI_v3.pdf)

Murphey, T. (2001). Exploring conversational shadowing. *Language Teaching Research*. 5(2). 128-155. <https://doi.org/10.1177/136216880100500203>

Kuramoto, A., Shiki, O., Nishida, H., & Ito, H. (2007). Seeking for effective instructions for reading: the impact of shadowing, text-presented shadowing, and reading-aloud tasks. *LET Kansai Chapter Collected Papers*. 11. 13-28

Sonnet 130. The University of Buckingham. School of Humanities and Social Sciences. <https://www.buckingham.ac.uk/english/schools/poetry-bank/sonnet130/>  
Grid Games. American English.  
<https://americanenglish.state.gov/resources/teachers-corner-grammar-games#child-2215>

Jia, Y. (2023). The Influence of Reading on English Speaking. *Proceedings of the 2023 7th International Seminar on Education, Management and Social Sciences*. 147-152.

Ur, P. (1996). *A Course in Language Teaching: Practice and Theory*. Cambridge: Cambridge University Press. 389 p.

Zhang, Y. (2009). Reading to Speak: Integrating Oral Communication Skills. *English Teaching Forum*. (1). 32-34.

Larsen-Freeman, D. (2014). *The Grammar of Choice*. School for International Training, Brattleboro, Vermont. <https://clie.org.uk/wp-content/uploads/2023/06/Larsen-Freedman-The-Grammar-of-Choice.pdf>

Ostafiychuk, O.D. (2023). Teaching Grammar Communicatively. *Інноваційна педагогіка* 58(2). 97-101.

Putra, M.T.I., Maulina, M., Muthmainnah, Asrifan, A., Apriani, E., Resueño, P.C. et al. (2021). Teaching Communicative Grammar: A Literature Review. *An International Multidisciplinary Double-Blind Peer-reviewed Research Journal*. 3(2). [https://www.researchgate.net/publication/355077987\\_Teaching\\_Communicative\\_Grammar\\_A\\_Literature\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/355077987_Teaching_Communicative_Grammar_A_Literature_Review)

DeKeyser, R. (1998). Beyond Focus on Form: Cognitive Perspectives on Learning and Practicing Second Language Grammar. In C. Doughty and J. Williams (Eds.), *Focus on Form in Classroom Second Language Acquisition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 42-63.

Siao-cing, G., A. (2013). Comparison Study of Non-Native Speakers' and Native Speakers' Perceptions toward Communicative Language teaching. *GSTF Journal of Law and Social Sciences (JLSS)*. 3(1). <http://dl6.globalstf.org/index.php/jlss/article/download/595/611>

Roeder, R., Araujo-Jones, D., & Miller, E.R. (2020). Grammar in Communicative Language Teaching: Teacher Beliefs About Theory Versus Practice. *International Journal of English Language Teaching*. 8(4). 45-64. <https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/Grammar-in-Communicative-Language-Teaching.pdf>

Çiftci, H., & Özcan, M.A. (2021). Contrastive Analysis of Traditional Grammar Teaching and Communicative Language Teaching in Teaching English Grammar and Vocabulary. *International Online Journal of Education and Teaching*, 8(2). 709-729. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1294310.pdf>

Pavlovych, A.V., & Ivanova, O.O. (2016). Communicative Approach in Grammar Teaching. *Journal of the National Technical University of Ukraine "KPI": Philology and Educational Studies*, (8), 85-89. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/60160/1/95315-201112-1-10-20170310.pdf>

- Lytovchenko, I. (2009). How to Make Upper-Level University English Classes More Interactive. *English Teaching Forum*. 47(2). 24-29. [https://americanenglish.state.gov/files/ae/resource\\_files/09-47-2-e.pdf](https://americanenglish.state.gov/files/ae/resource_files/09-47-2-e.pdf)
- Ellis, R. (2015). *Understanding Second Language Acquisition: Second Edition*. Oxford, UK: Oxford University Press. 376 p.
- Тригуб, І.П. (2013). Система вправ для формування граматичної компетенції. *Науковий вісник Донбасу*. 1. <https://nvd.luguniv.edu.ua/archiv/NN21/13tipfgk.pdf>
- Gunn, C., & McCallum, A. (2005). Climbing Grammar Mountain an Interactive Learning Experience. *English Teaching Forum*. 43(4). 38-42. [https://americanenglish.state.gov/files/ae/resource\\_files/climbing\\_grammar\\_mountain.pdf](https://americanenglish.state.gov/files/ae/resource_files/climbing_grammar_mountain.pdf)
- Hilliard, A. (2014). Spoken Grammar and its Role in the English Language Classroom. *English Teaching Forum*. 52(4). [https://americanenglish.state.gov/files/ae/resource\\_files/52-4\\_3\\_hilliard.pdf](https://americanenglish.state.gov/files/ae/resource_files/52-4_3_hilliard.pdf)
- Cullen, R., & Kuo I. (2007). Spoken Grammar and ELT Course Materials: A Missing Link? *TESOL Quarterly*. 41(2). 361-386.
- Sami, A.A. (2014) Spoken Grammar: An Urgent Necessity in the EFL Context. *English Language Teaching*. 7(6). 19-25.
- Mumford, S. (2009) An Analysis of Spoken Grammar: The Case for Production *ELT Journal*. 63(2). 137-144.
- Timmis, I. (2010). 'Tails' of Linguistic Survival. *Applied Linguistics*. 31(3). 325-345.
- Rühlemann, C. (2006). Coming to Terms with Conversational Grammar: 'Dislocation' and 'Dysfluency'. *International Journal of Corpus Linguistics*. 11(4). 385-409.
- Stenström, A. (2004). *An introduction to spoken interaction*. London: Longman, 238 p.
- Carter, R., & McCarthy, M. (1995). Grammar and The Spoken Language. *Applied Linguistics*. 16(2). 141-158.
- Garrison, D.R., & Kanuka, H. (2004). Blended Learning: Uncovering its Transformative Potential in Higher Education. *The Internet and Higher Education*. 7(2). 95-105.
- Городнича, Л.Г. (2013). Організація інтерактивності процесу навчання студентів іноземної мови з використанням комп'ютерно орієнтованих засобів. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки*, 11. 174-177.
- Максимова, О.П., & Апалат, Г.П. (2022). Використання ресурсу Classtime для навчання іноземної мови. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Слово в сучасній науковій парадигмі: євроінтеграційний контекст»*. Кропивницький. 163-168.

CHAPTER 3. IMPROVEMENT OF SCIENTIFIC APPROACHES TO THE  
DEVELOPMENT OF PHYSICO-MATHEMATICAL AND TECHNICAL  
DIRECTIONS

3.1. Analysis of the Deformed Coordinate Method Used in of  
Wind Wave Calculations in Deep Water and Shallow Water

АНАЛІЗ МЕТОДУ ДЕФОРМОВАНИХ КООРДИНАТ,  
ЯКИЙ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ У РОЗРАХУНКАХ ВІТРОВИХ ХВИЛЬ  
НА ГЛИБОКОВОДІ ТА МІЛКОВОДІ

**Вступ.** Без знання хвильових характеристик неможлива безпечна робота морської галузі України. Необхідні, як екстремальні дані, які призначені для режиму виживання об'єктів, так і оперативні дані для встановленого режиму роботи.

Глибини на більшій частині української акваторії Чорного моря не перевищують 100 м, а середня глибина моря понад 1200 м [1]. Оскільки за цих умов можливе існування, як коротких, так і досить довгих хвиль, то параметри хвилі необхідно визначати, як для обмеженої, так і для нескінченної глибини.

Хвилі екстремальної крутизни поза зоною прибою трапляються досить рідко, вирази, що визначають хвильові характеристики кінцевої амплітуди, складні й громіздкі. Тому для інженерних розрахунків в основному використовуються результати лінійної теорії хвильового руху.

Отже, виведення та перевірка компактного наближеного виразу для профілю прогресуючих хвиль кінцевої амплітуди в рідині довільної глибини є дуже актуальною проблемою.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Характеристики хвиль скінченної амплітуди досліджуються вітчизняними та численними зарубіжними авторами понад півстоліття. Основні результати отримані в рамках потенційної теорії.

Серед великої кількості існуючих нелінійних теорій хвиль в обмеженій акваторії найбільш поширеними є теорія Стокса та кноїдальна теорія.

При використанні теорії Стокса в інженерних додатках, як правило, обмежуються п'ятьма членами розкладання рівняння хвильової поверхні в ряд за нахилом (наприклад). У [2] як приклад наведено порівняння хвильових характеристик, отриманих з теорій третього та п'ятого порядку. Існують [2] розкладання до одинадцятого порядку.

Слід відзначити [2] використання теорії Чапелера, де коефіцієнти розширення визначаються чисельно методом найменших квадратів (шляхом мінімізації похибок у граничних умовах на вільній поверхні), а також [2] використання так званої нової хвильової теорії, яка дозволяє отримати лінійну апроксимацію найбільш імовірної форми максимальної хвилі в штормі.

Для дуже малих глибин (менше десятої довжини хвилі) зазвичай рекомендується використовувати теорію кноїдальних хвиль. Відомо [6], що для

одиначної хвилі розширення досягає дев'ятого порядку, а для кноїдальних – до п'ятого порядку. У [7] вказується на існування розкладів чотирнадцятого, сімнадцятого та двадцять сьомого порядків для одиначних хвиль.

У роботах [8], [9] наведено наближені вирази для потенціалів швидкостей вільних прогресуючих хвиль скінченної амплітуди на мілководді та на глибокій воді відповідно; оцінка якості отриманого розчину наведена нижче.

Застосовність різних теорій хвилеутворення можна оцінити за значеннями числа Урселла  $N_{URS} = \frac{H\lambda^2}{h^3}$  [5]: коли  $N_{URS} < 10$  – Теорія Стокса, коли  $N_{URS} > 26$  – кноїдальна теорія. Між ними обидві теорії застосовні, за винятком випадків, коли за однакових умов можна використовувати лінійну теорію. Згідно з іншими джерелами, кноїдальну теорію слід застосовувати, коли  $N_{URS} > 40$  [6].

Використання нелінійної теорії доцільно для вітрових хвиль екстремальної крутизни на глибокій воді, для довгих хвиль на значному мілководді та в зоні руйнування хвиль.

Згідно з даними [1], період вітрової хвилі в Чорному морі, як правило, не перевищує 9 с. Довжина такої хвилі в умовах глибокої води становить 126 м. Висота хвиль не перевищує 6 м (крім найбільших штормових хвиль). Хвилі в Чорному морі довгоперіодні – 13-15 с. Довжина таких хвиль на глибині становить відповідно 264-351 м, висота – до 11 м.

У зоні мілководдя (діапазон глибин – від половини довжини хвилі до критичної) профіль хвилі змінюється. Верхівки стають гострішими, підшви стають більш плоскими). Великі хвилі зменшуються, малі подовжуються і збільшуються у висоту [6]. Проте середні періоди та розподілу періодів вітрового хвилювання при переході від глибокої води до мілководдя практично не змінюються (статистичні дані) [5].

Хвильове руйнування починається на критичній глибині, що дорівнює подвоєній висоті хвилі. Чим менше початкова крутизна глибинних хвиль, тим більше зростає їх висота і руйнування починається на меншій відносній глибині. Наприклад, хвиля з виби з періодом 13 с та крутизною 1/50 починає руйнуватися на глибині 10,6 м, а з крутизною 1/30 – на глибині 22,3 м, з періодом хвилі 15 с ці глибини становлять відповідно 14 м і 27,6 м.

**Мета та задачі досліджень** полягає у визначенні хвильового профілю скінченної амплітуди в умовах глибокої та мілководної води методом деформівних координат. Порівняння профілів хвиль, розрахованих для мілководних ділянок з використанням запропонованої наближеної теорії, теорії Стокса та кноїдальної теорії.

**Матеріали та методи досліджень.** Будемо вважати рідину ідеальною, важкою, нестисливою, а її рух потенційним. Для опису хвильового руху рідини в рідині довільної глибини  $h$  використаємо нерухому та рухому системи координат. Як прийнято в задачах гідродинаміки, початок нерухомої декартової системи

координат  $Oxyz$  сумісний з вільною поверхнею, вісь  $x_1$  спрямована в напрямку поширення хвилі, вісь  $z_1$  вертикально вгору. Рухома декартова система координат  $Oxyz$  при  $t = 0$  збігається з нерухомою і рухається рівномірно в напрямку руху хвилі зі швидкістю  $c$ . Потенціал швидкості  $\varphi(x_1, z_1, t)$  і профіль хвилі є періодичними з періодом, рівним довжині хвилі  $\lambda$ .

Перейдемо, як це було зроблено в [8], до безрозмірних характеристик

$$\begin{aligned} \tilde{x} &= k(x_1 - c \cdot t); \tilde{z} = k \cdot z_1; N = kh; k = 2 \cdot \frac{\pi}{\lambda}; \\ \varphi(x_1 - c \cdot t, z_1) &= \frac{c}{k} \tilde{\Phi}(x, z); z_e(x_1 - c \cdot t) = \frac{1}{k} \tilde{\xi}_e(x). \end{aligned} \quad (1)$$

Тут  $z_e = z_e(x_1, t)$  – рівняння вільної поверхні збудженої рідини. У наступній презентації ми опустимо знак « $\sim$ » над безрозмірними координатами та функціями. Відзначимо також, що функція  $\xi_e(x) - 2\pi$  – є періодична.

Область визначення потенціалу  $\Phi(x, z)$  відповідно:

- на глибокій воді – нижня півплощина  $z \leq 0$ ;
- на мілководді глибини  $h$  – смуга  $\{-\infty < x < \infty, -H \leq z \leq 0\}$ .

Ця область є фізичним простором, в якому описуються кінематичні та гідродинамічні характеристики досліджуваного хвильового руху.

Дотримуючись процедури, описаної в [8; 9], виконаємо заміну змінних: для необмеженої глибини

$$x = \xi + F(\xi, \eta), z = \eta; \quad (2)$$

для мілководдя

$$x = \xi + K(\xi, \eta), z = \eta. \quad (3)$$

Функції  $F(\xi, \eta)$  і  $K(\xi, \eta)$ , які деформують простір, визначаються згідно [8; 9], їх конкретний вигляд подано нижче. Далі замість нормалізованого фізичного простору  $(x, z)$  будемо використовувати умовний деформований простір  $(\xi, \eta)$ .

У просторі  $(\xi, \eta)$  для потенціалу  $\Phi(x, z)$  отримують такі вирази: для глибокої води [9]

$$\Phi(\xi, \eta) = A \exp(\omega \eta) \sin \omega \xi, \quad (4)$$

де

$$\omega = \frac{g}{kc^2} = \frac{1}{2\pi} \frac{g\lambda}{c^2};$$

для мілководдя [8]

$$\begin{aligned} \Phi(\xi, \eta) &= Bch\alpha(\eta + H) \sin \alpha \xi - \\ &- \frac{1}{2} B^2 \alpha^3 \frac{ch2\alpha(\eta + H) \sin 2\alpha \xi}{\omega \alpha sh2\alpha H - 2\alpha^2 ch2\alpha H} - \frac{1}{8} B^2 \alpha \sin 2\alpha \xi' \end{aligned} \quad (5)$$

де  $\alpha$  – хвильове число в деформованому просторі  $(\xi, \eta)$ , яке пов'язано з  $\omega$  дисперсійним співвідношенням

$$\alpha = \omega th\alpha H. \quad (6)$$

Константи  $A$  у формулі (4) і  $B$  у формулі (5), наведені в [9] і [8] відповідно без виведення, визначені нижче.

Позначимо  $h_+$  висоту гребеня хвилі над непорушеною вільною поверхнею, а  $h_-$  – відстань основи від непорушеної вільної поверхні. Тоді в нормованій фізичній системі координат  $(x, z)$  значення  $kr_g = \frac{k}{2}(h_+ + h_-)$  являє собою половину висоти хвилі.

Рівняння профілю хвилі в системі координат  $(x, z)$ , що відповідає нелінійній граничній умові на вільній поверхні, має вигляд

$$\xi_g(x) = \frac{1}{\omega} \frac{\partial}{\partial x} \Phi[x, z = \xi_g(x)] - \frac{1}{2} \frac{1}{\omega} \left\{ \left[ \frac{\partial}{\partial x} \Phi[x, z = \xi_g(x)] \right]^2 + \left[ \frac{\partial}{\partial z} \Phi[x, z = \xi_g(x)] \right]^2 \right\}. \quad (7)$$

Розкладання похідних потенціалу  $\Phi(x, z)$  за степенями  $\xi_g(x) = O(\varepsilon)$  і зберігаючи доданки до другого порядку малості включно, знаходимо і, зберігаючи члени до другого порядку малості включно, знаходимо

$$\xi_g(x) = \frac{1}{\omega} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, 0) + \xi_g(x) \frac{\partial^2}{\partial x \partial z} \Phi(x, 0) \right] - \frac{1}{2} \frac{1}{\omega} \left\{ \left[ \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, 0) \right]^2 + \left[ \frac{\partial}{\partial z} \Phi(x, 0) \right]^2 \right\}, \quad (8)$$

звідки випливає

$$\begin{aligned} \xi_g(x) = \frac{1}{\omega} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, 0) + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, 0) \cdot \frac{\partial^2}{\partial x \partial z} \Phi(x, 0) \right] - \\ - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\omega} \left\{ \left[ \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, 0) \right]^2 + \left[ \frac{\partial}{\partial z} \Phi(x, 0) \right]^2 \right\}. \end{aligned} \quad (9)$$

Враховуючи залежності між похідними потенціалів, записаними у нормалізованому фізичному просторі та деформованому просторі та зберігаючи доданки до другого порядку малості включно, запишемо у змінних  $(\xi, \eta)$  деформованого простору

$$\begin{aligned} \xi_g(\xi) = \frac{1}{\omega} \left[ \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, 0) - \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, 0) \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, 0) \right] + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, 0) \times \\ \times \frac{\partial^2}{\partial \xi \partial \eta} \Phi(\xi, 0) - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\omega} \left\{ \left[ \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, 0) \right]^2 + \left[ \frac{\partial}{\partial \eta} \Phi(\xi, 0) \right]^2 \right\}. \end{aligned} \quad (10)$$

Функція  $F(\xi, \eta)$  записується [9] у вигляді

$$F(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} \Phi(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} A \exp(\omega, \eta) \sin \omega \xi, \quad (11)$$

потім

$$\xi_g(\xi) = \frac{1}{\omega} \left\{ \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, 0) + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, 0) \frac{\partial^2}{\partial \xi \partial \eta} \Phi(\xi, 0) - \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial}{\partial \eta} \Phi(\xi, 0) \right]^2 \right\}. \quad (12)$$

У глибокій воді рівняння профілю хвилі згідно (4) записується як

$$\xi_g(\xi) = A \cos \omega \xi + \omega A^2 \cos^2 \omega \xi - \frac{1}{2} \omega A^2 \sin^2 \omega \xi. \quad (13)$$

Оскільки дотична до профілю хвилі у верхній і нижній частині хвилі горизонтальна, тобто

$$\frac{\partial \xi_g(\xi=0)}{\partial \xi} = 0, \quad (14)$$

де  $\xi_g(\xi=0) = kr_g$ , для визначення постійної  $A$  використовується квадратне рівняння

$$\omega A^2 + A - kr_g = 0, \quad (15)$$

розв'язок якого має вигляд

$$A = \frac{1}{2\omega} \left( -1 \pm \sqrt{1 + 4\omega kr_g} \right). \quad (16)$$

Квадратне рівняння для визначення сталої  $A$  має два дійсних корені протилежних знаків, що забезпечують при  $\xi = 0$ , отже, при  $x = 0$  однакова пів висота  $\xi_g(0) = kr_g$ . Однозначний вибір значення  $A$  виходить з умови

$$\frac{d}{d\xi} x(\xi, 0) > 0, \quad (17)$$

що означає відсутність колапсуючих хвиль у просторі  $(x, z)$ .

Потім

$$\frac{d}{d\xi} x(\xi, 0) = 1 - \frac{1}{2} \omega A \cos(\omega \xi), \quad \left| \frac{1}{2} \omega A \right| < 1 \quad (18)$$

і нарешті

$$A = \frac{1}{2\omega} \left( -1 + \sqrt{1 + 4\omega kr_g} \right). \quad (19)$$

Отримуємо рівняння профілю хвилі на мілкій воді, підставляючи (5) у (12) і зберігаючи члени до порядку  $B^2$  включно:

$$\begin{aligned} \xi_g(\xi) = \frac{1}{\omega} & \left( \alpha B c h \alpha H \cos \alpha \xi - B^2 \alpha^3 \frac{ch 2\alpha H \cdot \cos 2\alpha \xi}{\omega sh 2\alpha H - 2\alpha ch 2\alpha H} - \right. \\ & - \frac{1}{4} B^2 \alpha^2 \cos 2\alpha \xi + \frac{1}{2\omega} B^2 \alpha^3 sh 2\alpha H \cos^2 \alpha \xi - \frac{1}{4} B^2 \alpha^2 sh^2 \alpha H + \\ & \left. + \frac{1}{4} B^2 \alpha^2 sh^2 \alpha H \cos 2\alpha \xi \right). \end{aligned} \quad (20)$$

Для визначення константи  $B$  скористаємося виразом

$$kr_g = B \left( \frac{\alpha}{\omega} c h \alpha H \right) - B^2 \left( \frac{\alpha^3}{\omega} \frac{ch 2\alpha H}{\omega sh 2\alpha H - 2\alpha ch 2\alpha H} + \frac{\alpha^2}{4\omega} - \frac{\alpha^3}{2\omega^2} sh 2\alpha H \right). \quad (21)$$

Перетворимо його з урахуванням дисперсійного співвідношення (6). Потім

$$\frac{\alpha}{\omega} c h \alpha H = sh \alpha H. \quad (22)$$

Далі

$$\begin{aligned} \frac{\alpha^3}{\omega} \frac{ch 2\alpha H}{\omega sh 2\alpha H - 2\alpha ch 2\alpha H} &= -\alpha \frac{1 + th^2 \alpha H}{2th \alpha H}; \quad \frac{\alpha^2}{4\omega} = \frac{\alpha}{4} th \alpha H; \\ \frac{\alpha^2}{4\omega} sh^2 \alpha H &= \frac{\alpha}{4} \frac{th^3 \alpha H}{1 - th^2 \alpha H}; \quad \frac{\alpha^3}{2\omega^2} sh 2\alpha H = \alpha \frac{th^3 \alpha H}{1 - th^2 \alpha H}. \end{aligned} \quad (23)$$

Здійснюючи підстановки і перетворення, отримуємо

$$\xi_6(\xi) = Bsh\alpha H \cos\alpha\xi + B^2\alpha \left[ \frac{1+th^2\alpha H}{2th\alpha H} - \frac{th\alpha H}{4} + \frac{3}{4} \frac{th^3\alpha H}{1-th^2\alpha H} \right] \times \\ \times \cos 2\alpha\xi + \frac{1}{4} \frac{th^3\alpha H}{1-th^2\alpha H} \quad (24)$$

Звідси

$$\xi_6(\xi) = Bsh\alpha H \cos\alpha\xi + B^2\alpha \frac{(2th^4\alpha H - th^2\alpha H + 2)\cos 2\alpha\xi + th^4\alpha H}{4th\alpha H(1-th^2\alpha H)} \quad (25)$$

При  $\xi = 0$  виходить

$$kr_6 = Bsh\alpha H + B^2\alpha \frac{3th^4\alpha H - th^2\alpha H + 2}{4th\alpha H(1-th^2\alpha H)} \quad (26)$$

Квадратне рівняння для визначення константи  $B$

$$\frac{\alpha(3th^4\alpha H - th^2\alpha H + 2)}{4th\alpha H(1-th^2\alpha H)} B^2 + sh\alpha HB - kr_6 = 0 \quad (27)$$

Рівняння (27), як і (15), має два дійсні корені протилежних знаків, що забезпечує при  $\xi = 0$  (тобто  $x = 0$ ) однакова піввисота хвилі  $\xi_6(0) = kr_6$ . Вибір кореня, як і у випадку глибокої води, визначається умовою неруйнування хвилі в нормованому фізичному просторі  $(x, z)$ . Це робиться, якщо

$$\frac{\partial x(\xi, 0)}{\partial \xi} = 1 - \frac{\alpha B}{2} ch\alpha H \cdot \cos\alpha\xi \geq 0, \quad \frac{\alpha B}{2} ch\alpha H < 1 \quad (28)$$

Таким чином, константа  $B$  є позитивним коренем рівняння (27).

Покажемо, що середній рівень збудженої рідини не збігається з незбуреною вільною поверхнею.

$$\int_{-\frac{\lambda}{2}}^{\frac{\lambda}{2}} \xi_6(x) dx = \int_{-\frac{\pi}{\alpha}}^{\frac{\pi}{\alpha}} \xi_6(\xi) \frac{dx}{d\xi} d\xi = \\ = B^2\alpha \cdot \frac{2\pi}{\alpha} \cdot \frac{1}{4} \left( \frac{th^3\alpha H}{1-th^2\alpha H} - \frac{th\alpha H}{1-th^2\alpha H} \right) = -\frac{B^2\pi}{\alpha} th\alpha H \neq 0 \quad (29)$$

Відзначимо також, що довжина хвилі  $\lambda$  як відстань між вершинами суміжних хребтів (або між суміжними пучностями, які знаходяться в одній фазі коливань) в обох просторах  $(x, z)$  і  $(\xi, \eta)$  визначається за формулою

$$\lambda = \frac{2\pi}{\alpha} - \frac{1}{2} Bch\alpha(\eta + H) \sin\left(\alpha \frac{2\pi}{\alpha}\right) = \frac{2\pi}{\alpha} \quad (30)$$

Оскільки простір  $(x, z)$  нормований і в цьому просторі  $\lambda = 2\pi$ ,  $k \equiv 1$ , з (30) і (6) випливає

$$\alpha = k = 1, \quad \omega = \frac{1}{thH} \quad (31)$$

Зазначимо, що для випадку глибокої води з (31) отримуємо  $\omega = 1$ , а для мілководдя, коли  $\frac{h}{\lambda} \sim 0(\epsilon)$ , це буде  $\omega \sim \frac{\lambda}{2\pi h}$ .

**Результати досліджень.** Вираз для профілю хвилі при довільному значенні глибини складається з двох, лінійної та квадратичної, складових відносно амплітуди.

Для оцінки якості отриманого рішення розраховували форму профілю хвилі за формулами (6), (20), (27) та (31) для різних співвідношень довжини хвилі та глибини.  $H = 2\pi \frac{h}{\lambda}$ , амплітуда та довжина хвилі  $r = 2\pi \frac{r_0}{\lambda}$ . Результати експериментального визначення профілю хвилі форми взяті з [10]. Профілі хвиль, що відповідають цим даним, були розраховані з використанням запропонованої наближеної теорії, теорії Стокса п'ятого порядку та кноїдальної теорії. На рис. 1 і 2 показані приклади двох реалізацій.

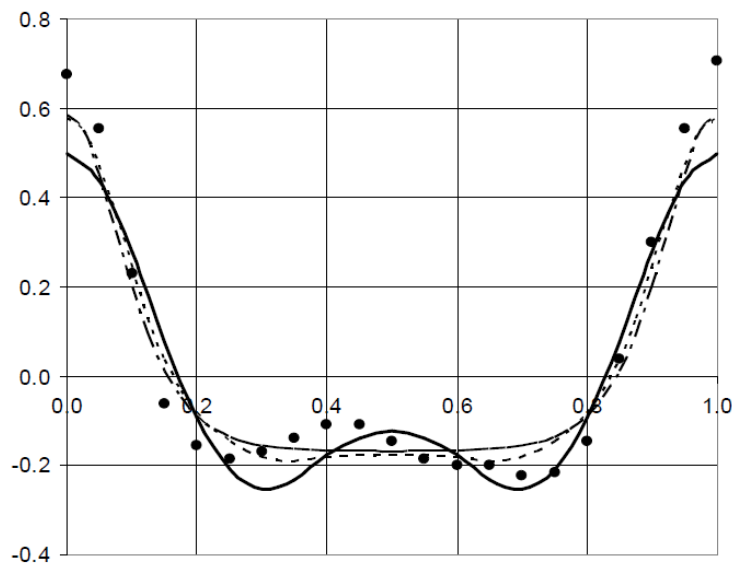


Рис. 1. Відносні ординати профілю хвилі на відносній глибині

$$H = 2\pi \frac{h}{\lambda} = 0,446$$

$$\text{і відносній піввисоті } r = 2\pi \frac{r_0}{\lambda} = 0,12$$

1 – розрахунок за (20); 2 – кноїдальна теорія; 3 – теорія Стокса;  
4 – дослід [10]; число Урселла  $N_{URS} = 106,73$

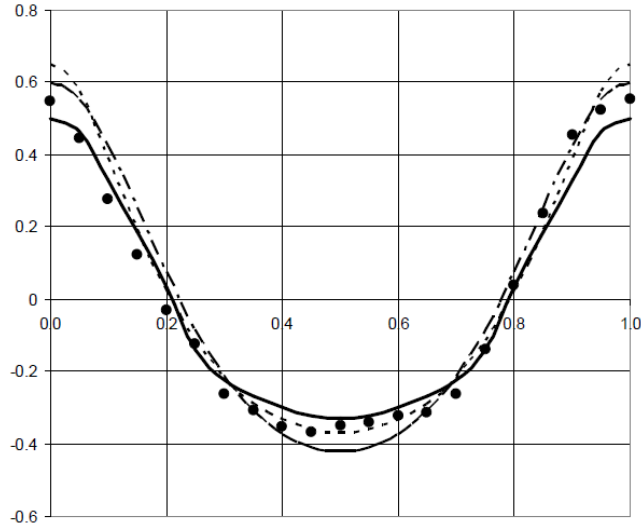


Рис. 2. Відносні ординати профілю хвилі на відносній глибині

$$H = 2\pi \frac{h}{\lambda} = 0,873$$

$$\text{і відносна пів висота } r = 2\pi \frac{r_g}{\lambda} = 0,162$$

1 – розрахунок за (20); 2 – кноїдальна теорія; 3 – теорія Стокса;  
4 – дослід [10]; число Урселла  $N_{URS} = 19,21$

### Крайове завдання для «середніх» обурень потенціалу швидкостей

Розглянемо крайове завдання

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \Phi(x, z) = 0, \quad (x, z) \in E; \quad (32)$$

$$\frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} = \frac{\partial \xi_g(x)}{\partial x} \cdot \frac{\Phi(x, z)}{\partial x} - \frac{\partial \xi_g(x)}{\partial x}, \quad \text{при } z = \xi_g(x); \quad (33)$$

$$\omega \xi_g(x) - \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial x} + \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial x} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} \right]^2 \right\} = 0, \quad \text{при } z = \xi_g(x); \quad (34)$$

$$\lim_{z \rightarrow -\infty} \text{grad } \Phi(x, z) = 0. \quad (35)$$

Продиференціюємо (34) по  $x$ , виразимо з отриманої рівності  $\frac{\partial \xi_g(x)}{\partial x} \frac{\partial \Phi}{\partial x}$  і підставимо цей вираз у (33)

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial x^2} + \omega \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial x} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} \right]^2 \right\} + \\ &+ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial x} \left\{ \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial x^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial x} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} \right]^2 \right\} \right\}, \end{aligned} \quad (36)$$

при  $z = \xi_g(x)$ .

Припустимо, що відшкодування рідини невеликі. Тоді величини  $\partial \xi_\varepsilon(x)$ ,  $\partial \Phi(x, z)$ ,  $\frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z}$ , а також їх похідні за координатами це величини порядку  $\varepsilon < 1$ , де  $\varepsilon$  – характерний лінійний розмір завдання, у даному випадку відношення і амплітуди хвилі до її довжини.

З умови (36) випливає, що в цьому випадку

$$\frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial x^2} + \omega \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} = 0(\varepsilon^2), \text{ при } z = \xi_\varepsilon(x). \quad (37)$$

Позначимо функції, що входять до умови (37) на вільній поверхні, символом  $f(x, z) = f[x, z = \xi_\varepsilon(x)]$ . Розкладемо ці функції до ряду  $z$ , враховуючи, що вони обчислюються на вільній поверхні  $z = \xi_\varepsilon(x)$  і, утримуючи члени розкладання порядку  $\varepsilon^2$ , отримаємо

$$f(x, z) = f(x, 0) + \xi_\varepsilon(x) \cdot \frac{\partial f(x, 0)}{\partial z} + 0(\varepsilon^2), \quad (38)$$

Оскільки  $|f(x, z)| \sim \varepsilon$ .

З (36) випливає, що

$$\left[ \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial x^2} + \omega \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} \right]_{z=\xi_\varepsilon(x)} = \left[ \frac{\partial^2 \Phi(x, 0)}{\partial x^2} + \omega \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial z} \right] + 0(\varepsilon^3). \quad (39)$$

Тоді на підставі (36) отримуємо наближену крайову умову для потенціалу швидкостей при «середніх» обуреннях

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial x^2} + \omega \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial z} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial x} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial z} \right]^2 \right\} - \\ & - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial x} \right]^2 + 0(\varepsilon^3) = 0. \end{aligned} \quad (40)$$

Враховуючи (32), (40) та (35) отримуємо наближене крайове завдання

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial z^2} = 0, (x, z) \in E_0; \\ & \frac{\partial^2 \Phi(x, 0)}{\partial x^2} + \omega \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial z} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial x} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial z} \right]^2 \right\} - \\ & - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{\partial \Phi(x, 0)}{\partial x} \right]^2 + 0(\varepsilon^2) = 0, \quad -\infty < x < \infty; \\ & \lim_{z \rightarrow -\infty} \text{grad } \Phi(x, z) = 0. \end{aligned} \quad (41)$$

**Визначення функції  $F(\xi, \eta)$ , що деформує фізичний простір у разі глибокої води**

Нормований фізичний простір  $(x, z)$  переводиться в деформований простір  $(\xi, \eta)$  заміною змінних  $x = \xi + F(\xi, \eta)$ ,  $z = \eta$ .

Функція  $F(\xi, \eta)$  буде обрана нижче на основі спеціальних міркувань, тут же припустимо лише, що як сама ця функція, так і її приватні похідні до другого порядку включно по  $\xi$  та  $\eta$  мають порядок малості  $\varepsilon$ . Для того, щоб крайове завдання (41) перенести з фізичного простору  $(x, z)$  в умовний простір  $(\xi, \eta)$ , обчислимо перші та другі похідні  $\xi$  і  $\eta$  по  $x$  та  $z$ . Маємо

$$\begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial x} &= \frac{1}{1 + \frac{\partial F}{\partial \xi}} = 1 - \frac{\partial F}{\partial \xi} + 0(\varepsilon^2); \quad \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0; \\ \frac{\partial \xi}{\partial z} &= -\frac{\partial \eta}{1 + \frac{\partial F}{\partial \xi}} = -\frac{\partial F}{\partial \eta} + 0(\varepsilon^2); \quad \frac{\partial \eta}{\partial z} = 1. \end{aligned} \quad (42)$$

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = -\frac{\frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2}}{\left(1 + \frac{\partial F}{\partial \xi}\right)^3} = -\frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + 0(\varepsilon^2); \quad \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = 0; \quad (43)$$

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = -\frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} + 0(\varepsilon^2); \quad \frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2} = 0.$$

Використовуючи (42) та (43), отримуємо такі співвідношення

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial x} &= \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi} - \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi} + 0(\varepsilon^3); \\ \frac{\partial \Phi(x, z)}{\partial z} &= \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta} - \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi} + 0(\varepsilon^3); \\ \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} - 2 \cdot \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} - \\ &\quad - \frac{\partial^2 F(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi} + 0(\varepsilon^3); \\ \frac{\partial^2 \Phi(x, z)}{\partial z^2} &= \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} - 2 \cdot \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} - \\ &\quad - \frac{\partial^2 F(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} \cdot \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta} + 0(\varepsilon^3). \end{aligned} \quad (44)$$

Підставляючи співвідношення (44) у крайове завдання (41) і нехтуючи доданками порядку  $\varepsilon^2$  і вище, отримуємо відповідне крайове завдання в деформованому просторі  $(\xi, \eta)$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} - \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 F(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 F(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} \right] - \\
 & - 2 \left[ \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \xi} + \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi \partial \eta} \cdot \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \eta} \right] + 0(\varepsilon^3) = 0; \\
 & \frac{\partial^2 \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \cdot \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \eta} - \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 F(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \cdot \frac{\partial F(\xi, 0)}{\partial \eta} \right] - \\
 & - \frac{\partial^2 \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi^2} \left[ 2 \cdot \frac{\partial F(\xi, 0)}{\partial \xi} + \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \right] - \\
 & - \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \xi} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \eta} \right]^2 \right\} + 0(\varepsilon^3) = 0;
 \end{aligned} \tag{45}$$

$$\lim_{z \rightarrow -\infty} \text{grad } \Phi(\xi, \eta) = 0.$$

Звернемося тепер до вибору функції  $F(\xi, \eta)$ .

Якщо вибрати  $F(\xi, \eta)$  за умовами

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 F(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \cdot \frac{\partial F(\xi, 0)}{\partial \eta} \right] + \frac{\partial^2 \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi^2} \left[ 2 \cdot \frac{\partial F(\xi, 0)}{\partial \xi} + \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \right] + \\
 & + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \xi} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \eta} \right]^2 \right\} = 0;
 \end{aligned} \tag{46}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 F(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 F(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} \right] + 2 \left[ \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \xi} + \right. \\
 & \left. + \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi \partial \eta} \cdot \frac{\partial F(\xi, \eta)}{\partial \eta} \right] = 0,
 \end{aligned} \tag{47}$$

то для функції  $\Phi(\xi, \eta)$  у деформованому просторі  $(\xi, \eta)$  виходить лінійна крайова задача

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} = 0, \quad \xi \in (-\infty, \infty); \quad \eta < 0; \\
 & \frac{\partial^2 \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \eta} = 0, \quad \xi \in (-\infty, \infty);
 \end{aligned} \tag{48}$$

$$\lim_{z \rightarrow -\infty} \text{grad } \Phi(\xi, \eta) = 0,$$

що має рішення

$$\Phi(\xi, \eta) = A \cdot \exp(\omega \cdot \eta) \sin(\omega \cdot \xi).$$

Якщо прийняти

$$F(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} \Phi(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} A \cdot \exp(\omega \cdot \eta) \sin(\omega \cdot \xi), \tag{49}$$

то задовольняються обидві умови (46) та (47).

**Визначення функції  $K(\xi, \eta)$ , що деформує фізичний простір у разі мілководдя**

При вивченні нелінійного крайового завдання про потенціал швидкостей хвильового руху на мілководді деформований простір  $(\xi, \eta)$  було введено шляхом такого перетворення координат:  $x = \xi + K(\xi, \eta)$ ;  $z = \eta$ .

Функція  $K(\xi, \eta)$  поки залишається невідомою, проте передбачається, що як сама функція, так і її приватні похідні другого порядку включно за змінними  $\xi$  і  $\eta$  мають порядок малості  $\varepsilon$ . Використовуючи співвідношення (42) – (44), у яких замість функції  $F(\xi, \eta)$  фігурує  $K(\xi, \eta)$ , із крайової задачі

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Phi(x, z) + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \Phi(x, z) &= 0, \quad (x, z) \in E'_0; \\ \frac{\partial^2}{\partial x^2} \Phi(x, 0) + \omega \frac{\partial^2}{\partial z^2} \Phi(x, 0) - \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[ \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, 0) \right]^2 + \left[ \frac{\partial}{\partial z} \Phi(x, 0) \right]^2 \right\} - \\ - \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, 0) \right]^2 + 0(\varepsilon^3) &= 0, \quad -\infty < x < \infty; \\ \frac{\partial}{\partial z} \Phi(x, -H) &= 0, \quad -\infty < x < \infty \end{aligned} \quad (50)$$

отримуємо наступну диференціальну систему для потенціалу швидкостей  $\Phi(\xi, \eta)$  у деформованому просторі  $(\xi, \eta)$ . Ця система включає лише ті компоненти, які мають порядок малості не вище  $\varepsilon^2$ .

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} - \frac{\partial \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 K(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 K(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} \right] - \\ - 2 \left[ \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial K(\xi, \eta)}{\partial \xi} + \frac{\partial^2 \Phi(\xi, \eta)}{\partial \xi \partial \eta} \cdot \frac{\partial K(\xi, \eta)}{\partial \eta} \right] + 0(\varepsilon^3) &= 0; \end{aligned} \quad (51)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \eta} - \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 K(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial K(\xi, 0)}{\partial \eta^2} \right] - \\ - \frac{\partial^2 \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi^2} \left[ 2 \frac{\partial K(\xi, 0)}{\partial \xi} + \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \right] - \\ - \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \xi} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \xi} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi(\xi, 0)}{\partial \eta} \right]^2 \right\} + 0(\varepsilon^3) &= 0; \end{aligned} \quad (52)$$

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \Phi(\xi, -H) - \frac{\partial}{\partial \eta} K(\xi, -H) \frac{\partial}{\partial \xi} \Phi(\xi, -H) = 0(\varepsilon^3). \quad (53)$$

Уявимо шуканий потенціал  $\Phi(\xi, \eta)$  у вигляді

$$\Phi(\xi, \eta) = \Phi_1(\xi, \eta) + \Phi_2(\xi, \eta) + O(\varepsilon^3),$$

вважаючи, що  $\Phi_1 = O(\varepsilon)$ , а  $\Phi_2 = O(\varepsilon^2)$ . З огляду на те, що  $K = O(\varepsilon)$ , із системи (51) – (53) отримуємо дві диференціальні системи щодо потенціалів  $\Phi_1$  і  $\Phi_2$ .

Для потенціалу  $\Phi_1(\xi, \eta)$  має місце система

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi_1(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Phi_1(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} &= 0; |\xi| < \infty; -H \leq \eta \leq 0; \\ \frac{\partial^2 \Phi_1(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial \Phi_1(\xi, 0)}{\partial \eta} &= 0; |\xi| < \infty; \\ \frac{\partial \Phi_1(\xi, -H)}{\partial \eta} &= 0; |\xi| < \infty. \end{aligned} \quad (54)$$

Для потенціалу  $\Phi_2(\xi, \eta)$  в припущенні, що потенціал  $\Phi_1(\xi, \eta)$  відомий, має місце диференціальна система

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi_2(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Phi_2(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} &= \frac{\partial \Phi_1(\xi, \eta)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 K(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 K(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} \right] + \\ + 2 \left[ \frac{\partial^2 \Phi_1(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial K(\xi, \eta)}{\partial \xi} + \frac{\partial^2 \Phi_1(\xi, \eta)}{\partial \xi \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 K(\xi, \eta)}{\partial \eta} \right], &|\xi| < \infty; -H \leq \eta \leq 0. \end{aligned} \quad (55)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi_2(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial \Phi_2(\xi, 0)}{\partial \eta} &= \frac{\partial \Phi_1(\xi, 0)}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial^2 K(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial K(\xi, 0)}{\partial \eta} \right] + \\ + \frac{\partial^2 \Phi_1(\xi, 0)}{\partial \xi^2} \left[ 2 \frac{\partial K(\xi, 0)}{\partial \xi} + \frac{\partial \Phi_1(\xi, 0)}{\partial \xi} \right] + & \\ + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \xi} \left\{ \left[ \frac{\partial \Phi_1(\xi, 0)}{\partial \xi} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \Phi_1(\xi, 0)}{\partial \eta} \right]^2 \right\}, &|\xi| < \infty. \end{aligned} \quad (56)$$

$$\frac{\partial \Phi_2(\xi, -H)}{\partial \eta} = \frac{\partial K(\xi, -H)}{\partial \eta} \frac{\partial \Phi_1(\xi, -H)}{\partial \xi} + O(\varepsilon^3), |\xi| < \infty. \quad (57)$$

Диференціальна система (54) – це стандартне крайове завдання теорії прогресивних хвиль малої амплітуди на мілководді. Її рішення виписується у вигляді

$$\Phi_1(\xi, \eta) = Bch\alpha(\xi + H) \sin \alpha \xi,$$

причому  $\alpha$  і  $\omega$  пов'язані дисперсійним співвідношенням  $\alpha = \omega th\alpha H$ , а константа  $B$  визначається нижче.

Приймемо, що

$$K(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} \Phi_1(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} Bch\alpha(\xi + H) \sin \alpha \xi \quad (58)$$

і підставимо вираз  $K(\xi, \eta)$  та  $\Phi_1(\xi, \eta)$  у диференціальну систему (55) – (57) для потенціалу  $\Phi_2(\xi, \eta)$ . Отримуємо систему

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi_2(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \Phi_2(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} &= B^2 \alpha^3 \sin \alpha \xi \cos \alpha \xi; \quad |\xi| < \infty; \quad -H \leq \eta \leq 0; \\ \frac{\partial^2 \Phi_2(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial \Phi_2(\xi, 0)}{\partial \eta} &= -B^2 \alpha^3 \sin \alpha \xi \cos \alpha \xi; \quad |\xi| < \infty; \\ \frac{\partial \Phi_2(\xi, -H)}{\partial \eta} &= 0. \end{aligned} \quad (59)$$

Представимо  $\Phi_2(\xi, \eta)$  у вигляді

$$\Phi_2(\xi, \eta) = \psi_2(\xi, \eta) - \frac{1}{8} B^2 \alpha \sin 2\alpha \xi. \quad (60)$$

Тоді для  $\psi_2(\xi, \eta)$  виникає таке крайове завдання

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \psi_2(\xi, \eta)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \psi_2(\xi, \eta)}{\partial \eta^2} &= 0; \quad |\xi| < \infty; \quad -H \leq \eta \leq 0; \\ \frac{\partial^2 \psi_2(\xi, 0)}{\partial \xi^2} + \omega \frac{\partial \psi_2(\xi, 0)}{\partial \eta} &= -B^2 \alpha^3 \sin 2\alpha \xi; \quad |\xi| < \infty; \\ \frac{\partial \psi_2(\xi, -H)}{\partial \eta} &= 0, \quad \xi < \infty. \end{aligned} \quad (61)$$

Крайове завдання (61) припускає таке рішення

$$\psi_2(\xi, \eta) = -\frac{B^2 \alpha^3 \sin 2\alpha \xi \operatorname{ch} 2\alpha(\eta + H)}{2\omega \alpha \operatorname{sh} 2\alpha H - 4\alpha^2 \operatorname{ch} 2\alpha H}. \quad (62)$$

Отже, маємо остаточно

$$\Phi_2(\xi, \eta) = -\frac{1}{2} B^2 \alpha^3 \frac{\sin 2\alpha \xi \cdot \operatorname{ch} 2\alpha(\eta + H)}{\omega \alpha \operatorname{sh} 2\alpha H - 2\alpha^2 \operatorname{ch} 2\alpha H} - \frac{1}{8} B^2 \alpha \sin 2\alpha \xi. \quad (63)$$

Отже,

$$\Phi(\xi, \eta) = B \operatorname{ch} \alpha(\eta + H) \sin \alpha \xi - \frac{1}{2} B^2 \alpha^3 \frac{\sin 2\alpha \xi \cdot \operatorname{ch} 2\alpha(\eta + H)}{\omega \alpha \operatorname{sh} 2\alpha H - 2\alpha^2 \operatorname{ch} 2\alpha H} - \frac{1}{8} B^2 \alpha \sin 2\alpha \xi. \quad (64)$$

Використовуючи отримані вирази для потенціалу  $\Phi(\xi, \eta)$ , випишемо рівняння хвильового профілю. Підставляючи результуючий вираз потенціалу (64), знаходимо, зберігаючи члени до порядку  $B^2$  включно, вираз

$$\begin{aligned} \zeta_0(\xi) &= \frac{1}{\omega} \left( \alpha B \operatorname{ch} \alpha H \cos \alpha \xi - B^2 \alpha^3 \frac{\operatorname{ch} 2\alpha H \cdot \cos 2\alpha \xi}{\omega \operatorname{sh} 2\alpha H - 2\alpha \operatorname{ch} 2\alpha H} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{4} B^2 \alpha \cos 2\alpha \xi + \frac{1}{2\omega} B^2 \alpha^3 \operatorname{sh} 2\alpha H \cos^2 \alpha \xi - \frac{1}{4} B^2 \alpha^2 \operatorname{sh}^2 \alpha H + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{4} B^2 \alpha^2 \operatorname{sh}^2 \alpha H \cos 2\alpha \xi \right). \end{aligned} \quad (65)$$

**Висновки.** Результати розрахунків за запропонованою наближеною теорією цілком задовільно відповідають експериментальним даних. Хвильові профілі,

розраховані за наближеною теорією, теорії Стокса п'ятого порядку та за кноїдальною теорією, якісно збігаються; кількісні відмінності між ними того ж порядку, що наведено у роботі [2] при порівнянні результатів розрахунків хвильових профілів за теорією Стокса п'ятого і третього порядків.

#### **Список використаних джерел**

1. Струтинський С.В. Основи гідравліки [Електронний ресурс]: навч. посіб. Електронні текстові дані (1 файл: 24,3 Мбайт). Київ: НТУУ «КПІ». 2012.
2. Склбрея Л., Хендріксон Дж. Теорія гравітаційної хвилі п'ятого порядку. 7-ма конференція берегової техніки. Гаага, 2018.
3. Фентон Дж. Д. Нелінійні хвильові теорії. Море, вип. 9: Інженерна наука про океан / В.Л. Мехаут, Д.М. Ган, Едмунд Вайлі, Нью-Йорк, 2008.
4. Кіннас А.С. Примітки до теорії гравітаційної хвилі п'ятого порядку. Основи морських споруд та проектування стаціонарних морських платформ / ОTRC/ УТ. Аустин, 2007.
5. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А., Миценко А.В., Борхаленко Ю.О. Гідравліка: підручник. Одеса. 2020.
6. Фентон Дж. Д. Кноїдна теорія хвиль у воді. Розвиток морського будівництва: хвильові явища та офшорні теми / Редактор Гербіч Я.Б. Вид-во: Компанія Гулф, 2012.
7. Галкіна О.П. Інженерна гідравліка: конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2020.
8. Федорова К.Ю. Наближена гідродинамічна теорія прогресивних хвиль кінцевої амплітуди. *Вісник ОНМУ*. Одеса: Вид-во ОДМУ, 1998. № 1.
9. Федорова К.Ю. Розвиток методів вирішення задачі про прогресивні хвилі кінцевої амплітуди. *Вісник ОНМУ*. Одеса: Вид-во ОДМУ, 1998. № 1.
10. Федорова К.Ю., Андреевська Г.М. Гідравліка: навч. посіб. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2023.

## CHAPTER 4. DIGITAL EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL TRAINING OF HIGHER EDUCATION STUDENTS IN THE ENERGY FIELD

### 4.1. Application of Educational Software in the Educational Process of Training Higher Education Applicants in the Energy Field

The modern higher education system in Ukraine is undergoing active transformation in accordance with the requirements of the digital economy, technological development and the needs of the labor market. One of the key factors in improving the quality of professional training of future specialists is the introduction of information and communication technologies (ICT), in particular educational software (SW).

Educational software is a set of digital resources and applications that ensure the effective acquisition of theoretical knowledge, the development of professional skills, the formation of key and special competencies, as well as the creation of a personalized educational environment. In the context of vocational education, SW acts as a tool for modernizing the content of education, intensification of the didactic process, and support for interactive and distance learning.

In higher education institutions (HEIs), educational software plays the role not only of a tool for supporting the educational process, but also of a means of professional development of the individual. Its effective use contributes to the formation of digital competencies, increased motivation for learning, the development of critical thinking and the ability to make decisions in digital production.

Software used in higher education institutions can be classified according to various criteria: functional purpose, form of interaction with the user, industry focus. Table 4.1.1 presents the classification of software by didactic functions.

**Table 4.1.1**

**Classification of software by didactic functions**

Software type	Didactic function	Example of use
Exercise machines	Skills development	Welding simulators, machine tool work
Educational systems	Learning the theory	Moodle, Google Classroom
Simulation programs	Process visualization	Tinkercad, Autodesk Fusion 360
Test programs	Knowledge control	MyTest, Classtime
Information and reference	Self-study	Electronic libraries, video tutorials

Educational software is a key factor in the formation of professional competencies, as it allows you to create situations close to real production. For example, with the help of virtual simulators, a student can practice welding skills or work on a CNC machine without risking damage to the equipment.

Today, the following digital resources are actively implemented in HEIs:

- Moodle – as the main platform for managing educational content, assessment, and communication;
- SimSpray, WeldingSim – for virtual modeling of welding processes;

- Autodesk Fusion 360 – for design training and 3D modeling;
- Labster, PhET – for visualization of physical and chemical processes;
- CodeCombat, Scratch – in the training of IT specialists.

Each type of software has specific applications, depending on the industry, direction of professional training, and didactic goal, which can be seen in Table 4.1.2.

**Table 4.1.2**

**Use of software in training in different areas**

Direction of training	Software	Educational outcome
Technical modeling	Fusion 360, AutoCAD	Design of parts, 3D visualization
Welding technologies	SimSpray, WeldingSim	Formation of practical skills
Electrical installation work	Multisim, Proteus	Assembly and testing of electrical circuits
Cooking	KitchenPal, Yummly	Recipe planning, process control
IT specialties	Scratch, CodeCombat	Logic development, programming

In turn, the development of a digital educational environment in higher education requires not only the availability of software, but also a clearly thought-out methodology for its implementation in the educational process. Methodological aspects of using software should take into account the specifics of professional training, the level of digital competencies of teachers and applicants, as well as requirements for the quality of educational content.

Integration of educational software into the professional training of applicants for higher education in the energy profile of the specialty A5 Vocational education requires a well-founded methodological approach that takes into account the specifics of the content of education, the level of ICT competencies of participants in the educational process, as well as the material and technical support of the institution. Among the main methodological principles, the following should be highlighted:

- differentiated approach – adaptation of software to the level of training of applicants, their educational needs and learning styles;
- integrativeness – combination of software with traditional forms of training, inclusion in the system of practical training;
- project activity – use of software for implementation of projects aimed at solving practical tasks;
- interactivity – active involvement of applicants through digital simulators, modeling and virtual laboratories.
- formative assessment – use of software for continuous monitoring of success and feedback.

It is also important to ensure training of teachers in the effective use of software, in particular through advanced training courses, internal trainings, exchange of experience between teachers.

Integration of software into professional training should be based on the following didactic principles:

- principle of clarity – software should provide visualization of abstract and complex technical processes (for example, 3D modeling in Tinkercad or Fusion 360);
- principle of interactivity – constant interaction of the applicant with the educational environment is necessary;
- principle of adaptability – software should take into account the individual characteristics of applicants;
- principle of professional orientation – content should correspond to the content of professional standards and programs.

The application of these principles contributes to the formation of sustainable professional knowledge and skills that meet the modern requirements of the labor market [1].

The software integration methodology involves the sequential passage of the stages presented in Table 4.1.3.

**Table 4.1.3**

**Stages of software implementation in vocational training**

Stage	Stage content
Diagnostic	Determining students' needs and their level of ICT competence
Design	Selecting appropriate software and developing scenarios for its use
Organizational and technological	Setting up the software environment, training teachers
Educational and practical	Implementation of training sessions using software
Control and analytical	Evaluating the effectiveness of software application

The use of a phased approach allows not only to ensure the integrity and systematic implementation, but also to adjust the process based on the results of diagnostics and monitoring [2].

In practice, different types of software are used in higher education institutions, depending on the professional direction:

- profession "Manual welding electric welder" – use of the "WeldingSim" simulator to practice welding techniques;
- profession "CNC machine operator" – use of the Siemens SINUMERIK Operate environment for modeling CNC programs;
- profession "Cook" – use of the interactive educational complex "KitchenPro" for training culinary skills;
- profession "Electrician": use of the "AutoCAD Electrical" program for designing electrical network diagrams.

This approach allows you to integrate practical activities with theoretical training, which contributes to better assimilation of the material [3].

For the successful implementation of software in vocational training, it is advisable to adhere to the following recommendations:

- conduct a preliminary selection of programs taking into account the professional orientation;
- provide for the integration of software into curricula;
- organize training for teachers in the use of modern digital tools;
- create author's electronic resources to support classes;
- provide feedback to applicants through LMS platforms (Moodle, Google Classroom).

The use of software should be accompanied by methodological support, which involves the creation of instructions, video lessons, and accompanying methodological materials [4].

The use of software makes it possible to integrate elements of STEM education, develop project thinking and preparation for work in a digital production environment.

Thus, the use of educational software in higher education institutions is an important component of the renewal of higher education, which opens up new opportunities for both applicants for higher education in the energy profile of the specialty A5 Vocational Education, and for the teaching staff of higher education institutions. Educational software allows you to create a dynamic, interactive, adaptive educational environment that meets the modern challenges of the labor market and the digital transformation of the economy.

#### **4.2. Virtual Laboratory Practicum as a Form of Organization of Training in Energy Cycle Disciplines**

In the professional training of higher education applicants in the energy profile of the specialty A5 Vocational Education, laboratory classes traditionally serve as an important form of practical assimilation of knowledge obtained during the study of energy cycle disciplines. They contribute to the development of technical thinking, skills to perform measurements, analyze the processes of generation, transmission and consumption of energy. However, traditional laboratories require significant material costs for maintenance, equipment renewal, and safety.

According to the state standards of higher education of Ukraine, important learning outcomes are:

- the ability to carry out professional activities based on a deep understanding of the principles of operation of energy equipment;
- the ability to practically apply knowledge in situations close to production;
- the development of skills in modeling and analyzing energy processes.

In this context, virtual laboratories are a powerful tool for implementing these requirements.

A virtual laboratory practicum (VLP) is a digital simulation platform that allows students to conduct experimental activities in an online environment using special software.

Such a practicum may include:

- 3D models of equipment;
- virtual control panels;
- built-in instructions and prompts;
- a function for collecting and analyzing experimental results.

Features of VLP:

- multiple execution of experiments;
- the ability to learn at any time and in any place;
- integration with LMS systems (e.g., Moodle);
- saving resources and increasing security.

**Table 4.2.1.**

**Comparative characteristics of traditional and virtual laboratory practice**

Parameter	Traditional LP	Virtual LP
Cost	High	Moderate/low
Security	Partially risky	Completely safe
Learning flexibility	Limited	High
Equipment availability	Limited	Unlimited (models)
Possibility of repeating the experiment	Limited	Unlimited

The following software solutions are used to create VLP:

- LabVIEW – a visual programming environment for modeling control systems;
- PSpice – modeling electrical circuits;
- TINA-TI – interactive simulation of analog circuits;
- MATLAB/Simulink – for modeling dynamic systems, in particular electrical power processes;
- OpenModelica – an open tool for modeling multi-physics systems.

For the effective implementation of a virtual laboratory workshop on energy cycle disciplines, we offer a structure consisting of the following main blocks:

1. Theoretical training block.

Purpose: to familiarize students with the basic concepts, laws and principles related to the topic of the laboratory lesson.

Instructions for implementation:

1. Read the training materials (text, video, presentations).
2. Take the built-in test for self-testing knowledge.
3. Check the answers using the automatic assessment system.

2. Experiment simulation block.

Purpose: to enable students to simulate a laboratory experiment in a virtual environment.

Instructions for implementation:

1. Run the simulation in a software environment (for example, MATLAB/Simulink or LabVIEW).
2. Set the initial parameters of the experiment.
3. Observe the process and results in real time.

4. Save the simulation results in the form of graphs or tables.

3. Analytical processing of results block.

Goal: to teach applicants to analyze the results obtained, compare them with theoretical expectations.

Instructions for implementation:

1. Load the saved data.

2. Build the necessary graphs and diagrams.

3. Analyze the impact of changing parameters on the result of the experiment.

4. Write down the conclusions based on the analysis results.

4. Final control block.

Goal: check the level of assimilation of the material.

Instructions for implementation:

1. Take the test based on the results of the completed laboratory task.

2. Download the report in PDF format, containing:

- a brief description of the purpose of the experiment;
- screenshots from the software environment;
- the results obtained;
- analysis and conclusions.

The organization of VLP involves the creation of a holistic pedagogical model that integrates software, didactic tools, methodological support and mechanisms for assessing learning outcomes. The basis for the formation of such a model are the principles of accessibility, interactivity, security, adaptability and effectiveness.

In the context of digitalization of higher education, the VLP model must meet the requirements of a practice-oriented approach, provide for the possibility of repeating experiments, modeling real situations, automated data collection and analysis. At the same time, it is important to ensure integration with energy cycle disciplines, such as: "Electrical Engineering and Electromechanics", "Fundamentals of Energy Conservation", "Heat Engineering", "Hydraulics".

Let's consider the main components of the VLP model.

The VLP model consists of four functional blocks:

– Pedagogical block – defines the goals, objectives, content of training, forms and methods of organizing laboratory classes.

– Instrumental block – includes software, virtual simulators, visualization systems, a database of electronic resources.

– Methodological block – contains instructional and technological cards, laboratory work scenarios, feedback tools.

– Evaluation block – provides diagnostics of the level of knowledge, skills, formation of competencies, adaptation of tasks to the level of the applicant.

Stages of model development:

1. Analysis of training programs. Topics that require laboratory support are highlighted. Example: studying the principles of transformer operation.

2. Determination of technical support. The MATLAB/Simulink platform is selected, which allows you to visualize dynamic processes of power systems.

3. Creation of laboratory work scenarios. For example, the experiment "Determination of transformer efficiency under variable load".

4. User interface development. Interactive control panels, digital indicators, dependency graphs are included.

5. Integration with LMS Moodle. Monitoring of task performance, assessment and analysis of student results are implemented.

Table 4.2.2.

Example of a laboratory work scenario in VLP

Job title	Expected results	Software modules
Transformer operation study	Efficiency determination, process visualization	Simulink, Scope, Math block
Reactive power analysis	Construction of phase diagrams, calculations Q	Simscape Electrical
Power system automation	Implementation of a PI controller in a control system	Control System Toolbox

The specified model allows to achieve the following didactic effects:

- increasing the interest of applicants due to interactivity;
- the possibility of independent work at a convenient time;
- training in error analysis and process optimization skills.

The use of VLP allows to implement the following methodological principles:

- clarity – due to visualization of experiments;
- accessibility – the possibility of multiple repetition;
- individualization of learning – adaptation of the complexity of tasks;
- connection of theory with practice – simulation of real production situations.

Thus, the developed VLP model is a flexible and effective tool that combines modern information technologies with the needs of professional training of applicants for higher education in the energy profile of the specialty A5 Vocational Education.

### References

1. Бабушкін В.М., Нейман В.А., Чевичелов В.А. Електричні мережі : розвиток, нові рішення. ЦТІ «Енергетика та електрифікація», 2002. 166 с.
2. Бар Р., Таг Дж. Від навчання до вчення – нова парадигма вищої освіти. *Університетська освіта : від ефективного викладання до ефективного вчення* : зб. статей-рефератів з дидактики вищої школи, 2001. № 5. С. 13–39.
3. Бараннік В.О. Енергоємність ВВП держави : історичні паралелі та уроки для України. *Стратегічні пріоритети*, 2015. № 1(34). С. 113–119.
4. Беспалько В.П. Педагогіка та прогресивні технології навчання. Київ : Вища школа, 1995. 336 с.
5. Белова Ю.Ю., Онищенко С.В. Енергетичні машини : навч. посіб. Бердянськ : БДПУ, 2016. 320 с.
6. Богомолова Є.В., Плотнікова Є.І. Проблеми та перспективи підготовки майбутніх фахівців до використання інформаційних технологій у процесі прийняття рішення. *Питання сучасної науки та практики*. 2017. №1(63). С. 172–177.

7. Жалдак М. І., Хомік О. А. Формування інформаційної культури вчителя. *International Charity Foundation for History and Development of Computer Science and Technique ICFCST*: веб-сайт. URL: <http://www.icfcst.kiev.ua/> (дата звернення: 25.06.2025).

8. Іващук К.О. Інформаційно-комунікаційні технології – як сучасний засіб в освіті [Електронний ресурс]. Юіасна оцінка: освітній портал. URL: <http://klasnaocinka.com.ua/ru/article/informatsiinokomunikatsiini-teklmologiyi-yak-suc.html> (дата звернення: 25.06.2025).

9. Концепція інформатизації. *Рідна школа*. 2014. №10. С. 26–29.

10. Куракін Д. В. Інформатизація освіти : підсумки та перспективи розвитку. *Проблеми інформатизації вищої школи*. 2015. №1. С. 27–33.

11. Мараховський Л. Ф. Проблеми методичного забезпечення з дисципліни «Інформатика та комп'ютерна техніка». *Збірник «Запровадження сучасних технологій навчання в КНЕУ*. Київ : КНЕУ, 1999.

12. Матвієнко О. В. «Електронний підручник» у системі дидактичного забезпечення комп'ютерних технологій навчання. *Нові технології навчання*. 2014. Вип. 29. С. 132–135.

13. Онищенко С. В. Використання ІКТ в педагогічній діяльності вчителя-предметника. *Неперервна освіта нового сторіччя : досягнення та перспективи : збірник наукових праць ЗОІППО за матеріалами II Міжнародної науково-практичної конференції (18-25 квітня 2016 р.)*. 2016. № 2 (24). С. 74–78.

14. Онищенко С. В. До проблеми викладання технічних дисциплін при підготовці спеціалістів за напрямом «Професійна освіта. Енергетика». *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки : зб. наук. пр.* Випуск 2. Бердянськ : БДПУ, 2022. С. 304–310.

15. Онищенко С. В. Застосування ІКТ в викладанні дисциплін циклу машинознавства під час підготовки майбутніх учителів технології. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини* [гол. ред.: М. Т. Мартинюк]. В 1. Умань : ФОП Жовтий О. О., 2015. С. 252–257.

16. Онищенко С.В. Енергетичні машини : навч. посіб. Бердянськ : «БДПУ», 2016. 234 с.

17. Онищенко С.В. Енергетичні машини : лабораторний практикум: навч. посіб. Київ : «НобельПрес», 2015. 105 с.

18. Онищенко С. В. Місце дисциплін енергетичного циклу у формуванні професійної компетентності студентів енергетичних спеціальностей. *Development strategiest for modern education and science : Materials of the III International research and practical internet conference (February, 28, 2022) : collection of abstracts*. Zdar nad Sazavou : «DEL a.s.», 2022. Р. 27–30.

19. Онищенко С.В. Психолого-педагогічні особливості впровадження засобів мультимедіа в освітній процес підготовки фахівців енергетичної та технологічної галузей. *Науково-методичні засади підвищення якості підготовки фахівців-педагогів системи професійної та технологічної освіти в умовах сучасності : колективна монографія* [за заг. ред. С.В. Онищенка]. Одеса : Олді+, 2024. Розд. 7. С. 124–139. URL : <https://dSPACE.bdpU.org.ua/handle/123456789/3378>

20. Онищенко С. В. Технологія формування професійної компетентності майбутніх учителів технології. *Науково-дослідні публікації. Серія «Інформатика і техніка»*. 2014. № 7 (11). С. 44–52.

21. Онищенко С. В. Формування професійної компетентності майбутнього вчителя технології засобами інформаційно-комунікативних технологій. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*. Випуск 31. Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. С. 154–159.

22. Пуха Г.П. Сучасні технології в освітньому процесі. *Вісник сучасної освіти*. 2021. № 2(29). С. 59–62.

23. Савічева Т.В. Змішане навчання у сучасному освітньому процесі : необхідність та можливості. *Вісник сучасної освіти*. 2021. №3 (30). С. 92–96.

24. Федоров А.І. Підхід до вдосконалення рівня підготовки майбутніх фахівців у сфері інформаційних технологій. *Сучасні технології у науці та освіті. СТНО-2017 : зб. тр. міжнар. наук.-техн. та наук.-метод. конф.* 2017. С. 101–103.

25. Fletcher J.D. Education and Training Technology in the Military. *Science*. 2009. №2. P. 72–75.

26. Onyshchenko S. Formation of ICT-Competence of the Future Specialist in the Energy Industry in the Conditions of Informatization of Education (Distance Education). *The latest foundations for the development of production, science and education – 2023 : collective monograph*. Nová Dubnica : NES Nová Dubnica s.r.o., 2023. P. 37–55.

27. Onyshchenko S. New Information Technologies in the Conditions of Distance Education. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки : зб. наук. пр.* Випуск 3. Бердянськ : БДПУ, 2022. С. 172–178.

28. Onyshchenko S. Psychological and Pedagogical Foundations of the Application of Modern Information Technologies in the Educational Process of Future Specialists in the Energy Industry. *European vector of modern education, science and production – 2023 : collective monograph*. Nová Dubnica : NES Nová Dubnica s.r.o., 2023. P. 57–73.

29. Onyshchenko S. Theoretical and Methodological Foundations of the Use Digital Technologies in the Process of Training Specialists in the Specialty A5 Vocational Education (Energy, Electrical Engineering And Electromechanics). *The Latest Foundations for the Development of Production, Science and Education – 2024 : collective monograph*. (Series of monographs Slovak Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o. Monograph 2). Nová Dubnica : NES Nová Dubnica s.r.o., 2025. Pp. 95–106.

30. Onyshchenko S. Theoretical Foundations of the Formation of Graphic and Graphical and Informational Competences of Students of Energy Specialties on the Basis of Training at a Pedagogical University. *European Vector of Modern Education, Science and Production – 2024 : collective monograph*. (Series of monographs Slovak Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o. Monograph 2). Nová Dubnica : NES Nová Dubnica s.r.o., 2024. P. 162–175. URL : <https://dspace.bdpu.org.ua/handle/123456789/3507>

31. Onyshchenko S. Visual Means in the Educational Activity of Professional Teachers of the Professional Education System. *Scientific and research work in the system of teacher training in natural, technological and computer spheres : materials of VIII international*

**Modern Conditions of Development of Science,  
Education and Production in the World - 2025**

---

*scientific conference (with the international participation), Berdyansk, September 16-17, 2021.*  
Berdyansk : BSPU, 2021. P. 213-215.

## ANNOTATION

### CHAPTER 1. MODERN BASICS OF ECONOMICS, MANAGEMENT AND TOURISM

#### 1.1. Olha Podra, Nataliia Petryshyn STRATEGIC PLANNING OF FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY OF ENTERPRISES: ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES AND SELECTION PRACTICES

The theoretical foundations of strategic planning of foreign economic activity of enterprises in the context of dynamic changes and innovative challenges are researched. It has been determined that modern technologies of strategic planning in the context of foreign economic activity should be comprehensive, adaptive and innovation-oriented. A model for analysing the choice of technologies for strategic planning at an enterprise in the context of foreign economic activity has been proposed, factors that should be taken into account when analysing the choice of technologies have been identified. It justifies a necessity of consideration of economic, managerial, social and technical factors, which determine selection of appropriate types of technologies of strategic planning at an enterprise.

**Keywords:** strategy, planning, technology, tools, factor analysis, foreign economic activity, management.

#### 1.2. Nataliia Petryshyn, Olha Podra, Andrew Todoshchuk ORGANISATIONAL AND MANAGERIAL ASPECTS OF IMPLEMENTING STRATEGIC CHANGES AT ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF THE FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY DEVELOPMENT

The key aspects of managing strategic changes at enterprises in the conditions of a dynamic external environment and the intensification of foreign economic activity are highlighted. The nature of strategic changes, their role in the formation of competitive advantages and the main types of transformations are considered. The elements of organizational support for the change process are analyzed, and the factors of resistance to personnel changes are identified. The feasibility of using a set of management measures to overcome resistance and ensure the successful implementation of strategic initiatives is substantiated. The results of the study can be used to improve approaches to change management in the conditions of global challenges.

**Keywords:** strategic changes, management, organizational support, resistance to change, human resources, adaptation.

#### 1.3. Iryna Khoma IMPROVEMENT OF RISK MANAGEMENT APPROACHES IN THE SYSTEM OF MODERN SAFE FUNCTIONING OF THE ENTERPRISE

The problem is considered, which, in the conditions of modern foundations of economics and management, is one of the most important that arises in the activities of enterprises - risk management in the achievement system and ensuring its safe functioning, the solution of which will allow strategically important business entities to develop stably and maintain their financial performance in risky situations, in particular in the conditions of a full-scale war in Ukraine.

**Keywords:** risk, risk management, system of safe operation of the enterprise.

#### **1.4. Olha Hirna CRM SYSTEMS AS TOOLS FOR DIGITIZING CUSTOMER SERVICE IN THE AUTOMOBILE MARKET**

The specifics of implementing CRM systems in the activities of car dealerships and dealerships are studied. Modern development trends are analyzed and the advantages of digitalization in interacting with customers in an unstable market environment are highlighted. The emphasis is placed on the growth of demand for the use of developed domestic CRM system products. The results of a comparative assessment of three popular CRM systems (SalesDrive CRM, KeepinCRM, KeyCRM) using the multivariate average method are presented.

**Keywords:** customer service, digitalization, CRM system, car market, software products, multidimensional average.

#### **CHAPTER 2. INNOVATIVE AND MODERN FOUNDATIONS OF PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY**

##### **2.1. Hanna Apalat DEVELOPMENT PECULIARITIES OF FOREIGN LANGUAGE SPEAKING COMPETENCE OF PRE-SERVICE ENGLISH TEACHERS**

Effective technologies and means of forming pre-service English teachers' language competence are identified. The modern approaches to teaching English language through reading and grammar are analysed. The peculiarities of teaching technologies for close reading, communicative grammar, spoken grammar, and blended technologies are investigated. Samples of practical tasks for the formation and development of English language competence are offered.

**Keywords:** pre-service English teachers, close reading, communicative grammar, interactive teaching, spoken grammar.

#### **CHAPTER 3. IMPROVEMENT OF SCIENTIFIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF PHYSICO-MATHEMATICAL AND TECHNICAL DIRECTIONS**

##### **3.1. Olena Vorobyova, Katerina Fedorova, Olena Rozhko ANALYSIS OF THE DEFORMED COORDINATE METHOD USED IN OF WIND WAVE CALCULATIONS IN DEEP WATER AND SHALLOW WATER**

Specifics of defining characteristics for finite amplitude waves with the help of deformed coordinates method for deep water and shallowness are shown. Comparison of shallow water wave profiles for proposed approximate theory, Stokes and cnoidal theories is introduced. The essence of the hydrodynamic theory of waves is the mathematical study of the wave motions of an ideal fluid with a free surface. This theory makes it possible to accurately assess the internal dynamic structure of wave motion, the connections between individual elements of waves.

**Keywords:** deep water, shallow water, non-linear wave theory, deformed coordinates method, wave profile.

#### **CHAPTER 4. Serhii Onyshchenko DIGITAL EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL TRAINING OF HIGHER EDUCATION STUDENTS IN THE ENERGY FIELD**

The section of the monograph considers theoretical and practical aspects of using educational software in the higher education system. Special attention is paid to the integration of digital tools in the training of higher education applicants in the energy

profile of the specialty A5 Vocational Education. The functional capabilities of modern software for modeling, calculations and demonstrations of technical processes are analyzed. The advantages of using a virtual laboratory workshop in teaching energy cycle disciplines are determined. The role of simulation environments in the formation of practical competencies is considered.

The effectiveness of distance and blended learning formats using specialized programs is shown. Methodological approaches to implementing such resources in the educational process are substantiated. The experience of using digital tools in leading higher education institutions is summarized. Practical recommendations for teachers and methodologists are provided. The materials of the monograph section can be useful for developers of training courses, teachers, scientists and specialists in the field of energy.

**Keywords:** vocational education, software, virtual workshop, educational technologies, digital resources, energy profile, energy disciplines.

## ABOUT THE AUTHORS

### CHAPTER 1. MODERN BASICS OF ECONOMICS, MANAGEMENT AND TOURISM

**1.1. Olha Podra** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Trade and Customs, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**Nataliia Petryshyn** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Trade and Customs, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**1.2. Nataliia Petryshyn** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Trade and Customs, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**Olha Podra** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Trade and Customs, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**Andrew Todoshchuk** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Trade and Customs, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**1.3. Iryna Khoma** – Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Finance, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**1.4. Olha Hirna** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management of Organizations, National University “Lviv Polytechnic”, Ukraine

### CHAPTER 2. INNOVATIVE AND MODERN FOUNDATIONS OF PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY

**2.1. Hanna Apalat** – Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Germanic Languages, Foreign Literature and Teaching Methodology, Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, Ukraine

### CHAPTER 3. IMPROVEMENT OF SCIENTIFIC APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF PHYSICO-MATHEMATICAL AND TECHNICAL DIRECTIONS

**3.1. Olena Vorobyova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, State University of Intelligent Technologies and Telecommunications, Odesa, Ukraine

**Katerina Fedorova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

**Olena Rozhko** – Senior Teacher, Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

### CHAPTER 4. DIGITAL EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL TRAINING OF HIGHER EDUCATION STUDENTS IN THE ENERGY FIELD

**4.1., 4.2. Serhii Onyshchenko** – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Professional Education and Technologies, Berdyansk State Pedagogical University, Ukraine

**Scientific Edition**

**Series of monographs Slovak Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o.**

**Monograph 3**

**Modern Conditions of Development of Science, Education and  
Production in the World - 2025**

**Collection of abstracts**

*The authors are responsible for the selection, accuracy of the  
facts, quotations and other information*

---

Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o.  
M.Gorkého 820/27, P.O.BOX  
018 51 Nová Dubnica, Slovenská Republika  
tel. +421-42-4401 209



# NES NOVÁ DUBNICA S.R.O.

ISBN 988 – 963 – 8454 – 15 – 5 - 6S

Publishing House NES Nová Dubnica s.r.o.

M.Gorkého 820/27, P.O.BOX

018 51 Nová Dubnica, Slovenská Republika

tel. +421-42-4401 209