

International Science Group

**THEORETICAL AND SCIENTIFIC
FOUNDATIONS OF ENGINEERING**

MONOGRAPH

**DOI 10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.II
ISBN 978-1-64945-873-5
BOSTON (USA) – 2020**

ISBN - 978-1-64945-873-5

DOI- 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

*Theoretical and scientific
foundations of engineering*

Collective monograph

Boston 2020

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN - 978-1-64945-873-5

DOI - 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

Authors - Apostolova R., Shembel E., Aurbach D., Markovsky B., Kovalskyi Bohdan, Holubnyk Tetyana, Zanko Nataliya, Pysanchyn Nadiia, Azarova Anzhelika, Azarova Larysa, Rosol Nataliia, Bystritskiy Oleksander, Kovalenko Igor, Antipova Kateryna, Davydenko Yevhen, Shved Alyona, Bronnikova Sofya, Yakovenko Ihor, Bakulin Yevhenii, Bakulina Valentyna, Zhuk Volodymyr, Matlai Ivan, Popadiuk Ihor, Vovk Lesya, Zhuk Volodymyr, Mysak Ihor, Kochmarskii Volodymyr, Gayevskii Valerij, Riabenko Oleksandr, Borsukovskyi Yurii, Tkachenko Valentyna, Lebid Iryna, Luzhanska Nataliia, Zamorska Iryna, Volkova Tatyana, Abramova Liudmyla

Published by Primedia eLaunch

<https://primediaelaunch.com/>

Text Copyright © 2020 by the International Science Group(isg-konf.com) and authors.

Illustrations © 2020 by the International Science Group and authors.

Cover design: International Science Group(isg-konf.com). ©

Cover art: International Science Group(isg-konf.com). ©

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe and Ukraine. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science.

The recommended citation for this publication is:

Theoretical and scientific foundations of engineering: collective monograph / Apostolova R., Shembel E., Aurbach D., Markovsky B., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. 180 p. Available at : DOI : 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II

TABLE OF CONTENTS

1	SECTION 1 CHEMICAL TECHNOLOGIES	5
1.1	Apostolova R., Shembel E., Aurbach D., Markovsky B. Thin-layer Co_9S_8 Electrodes for Lithium Accumulators: Effect of Modification and Electrolyte Features	5
1.2	Kovalskyi Bohdan, Holubnyk Tetyana, Zanko Nataliya, Pysanchyn Nadiia Features of UV Technology	19
2	SECTION 2 COMPUTER AND SOFTWARE ENGINEERING	24
2.1	Azarova Anzhelika, Azarova Larysa, Rosol Nataliia, Bystritskiy Oleksander Models and methods of electronic digital signature	24
3	SECTION 3 COMPUTER SCIENCE	34
3.1	Kovalenko Igor, Antipova Kateryna, Shved Alyona, Davydenko Yevhen Assessment of the information load on managers in complex linear-functional organizational structures	34
3.2	Kovalenko Igor, Antipova Kateryna, Davydenko Yevhen, Shved Alyona Integrated information technology of the analysis of group experts' judgments under heterogeneity and inconsistency	41
4	SECTION 4 CONSTRUCTION	66
4.1	Bronnikova Sofya The principle of design and construction of an individual eco-house, as a warehouse ecopolis system	66
4.2	Yakovenko Ihor, Bakulin Yevhenii, Bakulina Valentyna Classification methods of civil buildings reconstruction	70

4.3	Zhuk Volodymyr, Matlai Ivan, Popadiuk Ihor, Vovk Lesya Discharge coefficient of broad-crested weirs as function of the relative weir length and height for weirs with large width to head ratios	96
4.4	Zhuk Volodymyr, Mysak Ihor stormwater hydrographs from the rectangular impervious subcatchments modelled by the modified three-dimensional sector method	101
5	SECTION 5 ENERGY	106
5.1	Kochmarskii Volodymyr, Gayevskii Valerij, Riabenko Oleksandr відкладення та контроль стабільності охолодної води	106
6	SECTION 6 INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND AUTOMATION	127
6.1	Borsukovskyi Yurii analysis of the main tasks of the information and cybernetic protection service	127
7	SECTION 7 PROJECT AND PROGRAM MANAGEMENT	140
7.1	Tkachenko Valentyna, Lebid Iryna, Luzhanska Nataliia communication model of the knowledge triangle for educational and research projects	140
8	SECTION 8 TECHNOLOGY OF FOOD AND LIGHT INDUSTRY	145
8.1	Zamorska Iryna, Volkova Tatyana strawberries dessert product	145
9	SECTION 9 TRANSPORT	150
9.1	Abramova Liudmyla Model experiment of dynamic control implementation at the transport network in Kharkiv, Ukraine	150
	REFERENCE	76

SECTION 1 CHEMICAL TECHNOLOGIES

1.1 Thin-layer Co_9S_8 Electrodes for Lithium Accumulators: Effect of Modification and Electrolyte Features

The continuous development of technical progress dictates the growing need for highly energy-intensive, environmentally-friendly power sources and efficient energy storage technologies. Lithium-ion batteries (LIB) are considered as the most important self-contained energy sources for widespread use in portable electronic devices, electric vehicles, medical devices, energy-saving networks, etc. The need of micro-batteries for such miniature devices as smart-cards, micro-sensors, micro-robots, and etc., increases. The electrochemical activity of the electrode materials in LIB depends on the methods and conditions of their synthesis. Electrolysis from aqueous solutions is considered as an appropriate method for producing energy-intensive thin-layer electrodes for use in lithium miniature batteries, as well as for fundamental research of intercalation electrodes.

The technology of electrochemical production of materials in thin layers on a metal base for use in LIB has been proposed for transition metal oxides ($\text{Me} = \text{V}, \text{Mn}, \text{Mo}, \text{Ni}, \text{Co}$), as well as for metal sulfides ($\text{Me} = \text{Fe}, \text{Mo}, \text{Co}, \text{Ni}$) [1, 2]. In the first edition of the monograph [1], the main emphasis was placed on aspects of the electrochemical synthesis of thin-layer electrodes. It examines the determining chemical synthesis reactions, optimized important electrolysis parameters, the structure of the synthesized compounds, their chemical composition, the morphology of the precipitation surface, their heat resistance, etc. In the second edition of the monograph [2], we focus on the proposed mechanisms of electrochemical formation of metal-oxide compounds on the anode of the electrolysis bath. The mechanisms of phase formation, nucleation of the elements of the crystal lattice and bulk crystallization with the participation of oxygen formed during the decomposition of water molecules are considered.

After the release of the monograph [2], our studies were aimed at identifying the patterns of the process of the electrochemical Li-ions insertion/extraction in the synthesized thin-layer compounds. Though these processes were out of the authors consideration in the first monographs, they are important both for solving problems of the theoretical basics of electrochemistry of insertion electrodes, and for using electrode materials in commercial lithium batteries. Further studies based on experimental results and mathematical modeling addressed specific aspects. A number of the synthesized and studied compounds were replenished.

The next monograph [3] can be considered as the continuation of the two previous monographs. This is an overview of the research results of the staff and Postgraduate students of the Scientific Research Laboratory of Chemical Power Sources (SRLCS, Head of SRLCPS of SHEI «Ukrainian State University of Chemical Technology» (USUCT), Dnipro is Prof. E.M. Shembel) and students of the Department of technology of electrochemical industry and electrical engineering of USUCT. Some results were obtained with the participation of scientists from Bar-Ilan University, Israel: Prof. D. Aurbach, Prof. B. Markovsky and colleagues within the framework of Joint scientific Ukrainian-Israeli projects.

In the monograph [3], only a fraction of the results of investigations of Fe-, Ni-, Co-sulfides and new electrode bimetal-(Ni,Co)-sulphide materials was revealed. We established the relationship between the conditions of electrochemical synthesis of the above materials and the efficiency of their electrochemical performance in the redox reactions with lithium. The latter depend on the composition, the nature of the electrolyte, the electrode active mass, the morphology of the active material, the nature of the metal base (current collector). The academic research was focused on studies of kinetic and thermodynamic parameters of the synthesized compounds in redox reactions with lithium. A new direction in the research of our labs is the electrochemical synthesis and modification of sulfide thin-layer electrodes by carbon nanotubes, SiO₂- and TiO₂ oxides, etc. For increasing the adhesion of sulfide compounds to the metal base (current collector), their precipitation with a zinc sublayer, as well as with nickel-carbon composite (NiC) sublayer is proposed. Thin-

layer NiS-, Ni(OH)₂-electrodes were synthesized by electrolysis and tested for compatibility with supercapacitors.

The mathematical models of the process of intercalation/deintercalation of lithium ions in the electrode materials of LIB are proposed taking into account the phase transformation and the mobile phase boundary. In these models, intercalation material is considered as a thin flat layer electrode, or as an electrode with cylindrical symmetry. A comparison of cases of semi-infinite and finite diffusion of lithium ions in two-phase and monophasic systems is made.

The monograph consists of 6 chapters. Chapter 1 is devoted to thin-layer electrochemically synthesized Ni-sulfides and Ni-oxide compounds for lithium and lithium-ion battery systems, as well as for supercapacitors. The proposed mathematical models of intercalation electrodes are presented in Chapter 2. The features of monophasic Co₉S₈ thin-layer sulfide synthesized for lithium and lithium-ion battery systems are given in Chapter 3. Chapter 4 discusses the modification of thin-layer electrodes by various proposed methods. In Chapter 5, an attention is paid to FeS₂ disulfide in redox reactions with lithium. The role of electrolytes on the performance of lithium batteries based on synthesized thin-layer electrodes is discussed in Chapter 6.

Among the research studies of thin-layer metal-sulfide electrodes, a separate niche is occupied by the authors' firstborn iron sulfides and their compositions. Iron (II) sulfate and sodium thiosulfate were chosen as the basic components of the solutions for electrolysis. It is possible to use sodium sulfide or ammonium sulfide, thiourea, sodium dithionite, polysulfides or sodium tartrate as sulfur-gene component. The optimal conditions in terms of stability of the electrolysis process and its efficiency for the two-component solution are determined by the following parameters: $i_{\text{cathode}} = 1.25\text{--}3.50 \text{ mA/cm}^2$, $t=20\text{--}25^\circ\text{C}$, pH 4.0–4.5. To ensure the stability of the system in electrolysis and high quality of sediments in the electrolytes for the deposition of iron sulfides, we added NiSO₄ and CuSO₄, which reduce the intensity of hydrolysis in iron-containing solutions and reduce the harmful catalytic effect on the release of iron sulfides at the cathode.

The formation of iron sulfides occurs at least *via* two stages - electrochemical formation of sulfur and its reduced forms and chemical and electrochemical interaction of reduced forms of sulfur with iron ions or hydroxides. The nature of the precipitates, which are released in the presence of impurities NiSO_4 and CuSO_4 , indicates a probable change in the dynamics of the cathode process, which is manifested in the reaching an equilibrium between the two stages.

The phase composition of the obtained precipitates is determined significantly by the ratio of concentrations of FeSO_4 and $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ in the precipitation solution. In the first stages of the study, not only iron sulfides, but also sulfur and iron oxides were determined in the sediments. Depending on the composition, pH of the electrolyte and the intensity of the further heat treatment of sediments, it was possible to obtain the following sulfides: FeS , FeS_2 (pyrite), FeS_2 (marcasite), Fe_3S_4 in various combinations. Deposition of individual iron sulfide is not an easy process. Factors such as the oxidation of Fe (II) at the anode and the formation of colloidal sulfur in solution due to the decomposition of thiosulfate ions can be essential for the kinetics of the cathode process. Under the same conditions of electrolysis at the cathode made of stainless steel, precipitates were obtained, the components of which were FeS , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, S, while on aluminum compounds FeS , Fe_3S_4 , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ were formed.

The composition of the sediments is affected by their post-electrolytic heat treatment, which leads to a decrease for sulfur. Impurities of NiSO_4 and CuSO_4 contribute to the reduction of precipitation of iron hydroxides and sulfur. The size of the crystallites in the sediments was calculated to be 12–64 nm, determined by the X-ray phase analysis at the peaks of the interplanar parameter $d = 0.271$; 0.285 ; 0.202 nm for FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 , respectively, according to the Debye-Scherrer method. The morphology of the surface of thin-layer sediments reflects the tendency to agglomeration of fine-crystalline nanometer deposits with the formation of ball-shape micrometer-size particles. The nature of the microstructure is determined by the mechanism of sediment grain formation, which consists of three stages, as follows:

– nucleation and avalanche-like growth of three-dimensional nuclei of crystals, which stops at the initial stage of their development due to the sharp depletion of the adjacent layer of solution by ions involved in crystallization, and active adsorption of colloidal particles;

– formation of agglomerates of submicron deposits, the growth of which is compressed under conditions of intensive adsorption of colloids;

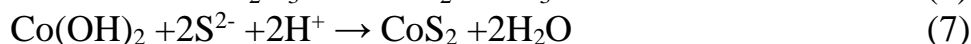
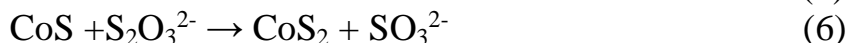
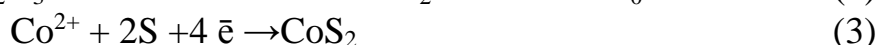
– formation of larger agglomerates of micron size from submicron agglomerates (a kind of growth stage).

The electrochemically synthesized compositions exhibit varying degrees of electrochemical activity as an aluminum-based cathode material in 1.5 Volt Li-accumulator (LiA). Iron-sulphide compositions obtained on stainless steel are also of interest to be used in LIB as an anode material. The starting discharge capacity of electrodes based on dispersed powder (FeS, FeS₂, S) with loading of 10–14 mg/cm², which contain an electrically conductive filler-graphite or acetylene carbon black (10%), is 650–950 mA h/g, depending on the heating intensity of the sludge. The capacity decreases to 220–250 mAh/g in the 40–60th cycle at a current density of 0.2 mA/cm². Thin-layer metal-sulfide analogues without graphite filler with loading of 2.0–3.4 mg/cm² on the 50th cycle can provide 300–500 mAh/g at a current density of 0.05 mA/cm². Similar electrochemical parameters were obtained when testing most of the synthesized metal-sulfide compositions.

Electrolytically obtained Cobalt-sulfides

The experience of electrochemical preparation of iron sulfides has become useful for obtaining cobalt sulfides. Cobalt sulfides have properties that meet the operational requirements of supercapacitors, magnetic, fluorescent and other devices. They are of interest as active materials of low-temperature LiA and lithium-ion batteries [4–5]. In the patent [6], we proposed a method for obtaining cobalt sulfides by electrolysis from a cobalt sulfate solution in the presence of sulfur-gene compounds based on stainless steel and aluminum (AMG–6). As a basic solution for electrodepositing of cobalt sulfides, an analog optimal (modified) solution for electrodeposition of iron sulfides was adopted, as follows: CoSO₄×7 H₂O – (0.05–

0.065); $\text{CuSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ – (0.003–0.0035); $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ –(0.010–0.015); Na_2S –(0.012–0.013). Initial parameters of the electrolysis were: pH 4.0–4.5, $t = 20$ – 60°C , $i_{\text{cathode}} = 3$ – 15 mA/cm^2 . Cathodes were flat plates of titanium VT–1 and aluminum, anodes were plates made of titanium VT–1. The ratio “ $S_{\text{cathode}} : S_{\text{anode}}$ ” = (1: 5) – (1:10). To evaluate the efficiency of the cathode process, the deposition rate of sulfide on the cathode (V_{dep} , $\text{mg/cm}^2 \cdot \text{h}$) was used. The following reactions are possible when electrolysis is carried out using the above mentioned solution:



The optimal current density is in the range of 3–7 mA/cm^2 . The dependence of $V_{\text{dep}} - \text{pH}$ at 60°C and $i_{\text{cathode}} = 10 \text{ mA/cm}^2$ on aluminum has the form of a symmetric parabola with extrema at pH 4.5. The adhesion of the obtained compact cobalt-sulfide precipitates to aluminum is satisfactory. The microstructure of the sediment surface is characterized by the presence of chaotically located fine-crystalline formations of inhomogeneous nature with an indeterminate crystallographic orientation. Such a structure may be the result of the formation of crystals by the mechanism of continuous degeneration at the initial stage of their development. The final product of electrolysis is a multiphase system consisting of cobalt sulfides, which possibly contains copper chalcogenides, cobalt hydroxides, and colloidal sulfur. The preferred components in the sludge at high of current densities and temperature are sulfides Co_4S_3 , Co_9S_8 , CoS_2 . At low drying temperatures, the Co_4S_3 phase is more often observed. Co_4S_3 and CoS_2 phases are preferred on stainless steel and Co_9S_8 phase on aluminum. According to the thermo-analytical study, the weight loss of sulfide compositions when heated to 600°C is 4%, which allows us to consider the synthesized material is quite heat-resistant. Electrochemical studies have shown the

possibility of reversible conversion of cobalt sulfide compounds in the redox reactions with lithium on aluminum-based cathodes with an average discharge voltage of 1.4 V. The starting discharge capacity is about 500 mA h /g, while it decreases to 300 mAh/g at the 40th cycle, and after 100 cycles, it reaches 200 mAh /g for thin-layer electrodes with loading of 2.0–3.4 mg/cm². The current density applied was 50 μ A/cm² in the electrolyte solution of ethylene carbonate (EC), dimethyl carbonate (DMC), 1 mol/l LiClO₄. During the galvanostatic cycling of cobalt sulfides obtained on stainless steel in the potential range of 2.8–0.01 V, the dependence of the discharge capacity on the mass of the sulfide material was revealed. At a mass of about 1 mg /cm², the discharge capacity obtained was 808 mAh/g at the 20th cycle, and decreased to 190–220 mAh/g at the higher loading. A significant irreversible capacity in the first cycle is a characteristic of the synthesized cobalt-sulfide compounds, as well as of those prepared by non-electrochemical methods. The actual discharge capacity exceeds the value of the theoretical capacity, probably due to the heterogeneity of the interaction processes of a high specific contact surface area of the nanometer active material with the electrolyte solution. Parasitic processes in this case are similar to those observed in the case of non-electrochemically obtained CoS₂ cathode, the starting capacity of which is 1280 mAh/g that exceeds the theoretical value of 872 mAh/g [5]. Along with the decomposition of the electrolyte, the parasitic process relates also to the dissolution of the intermediate products of the electrode reaction such as Li_xS_y in alkyl carbonate electrolytes. It is determined that the anodic oxidation of the electrolyte on the electrochemically obtained cobalt sulfide starts at 3.20–3.25 V vs. Li/Li⁺, which is due to the high catalytic properties of cobalt sulfide. The analysis of the previous studies of electrochemically synthesized Me-sulfide compounds (Me = Fe, Co), presented in monographs [1, 2], demonstrates the possibility of obtaining by electrolysis Me-sulfide phases with the presence of sulfur or metal oxide compounds capable of reversible electrochemical conversion when interacting with lithium. Their exploration in lithium batteries and lithium-ion systems required further improvement of the compositions and determining of the mechanisms of the electrode processes that lead to the capacity fade. Thus, our

research teams focused on finding ways to improve electrochemically synthesized Me-sulfide materials.

The technology of the electrochemical production of bi-metal–(Fe, Ni; Fe, Co)-sulfides has been proposed, which helps to combine the positive characteristics of individual sulfides and improve the discharge characteristics of sulfide materials in lithium batteries [7–9]. It was established that partial replacing of ferrous sulfate with nickel sulfate in the electrolyte for the precipitation of iron sulfide increases the stability of the electrolyte during storage and electrolysis. In addition, it was possible to obtain single-phase component Co_9S_8 . Technological parameters of electrolysis to obtain a single-phase compound of electrolytic Co_9S_8 on a stainless steel substrate are as follows: electrolyte, g/L: $\text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} - (25-30)$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - (3-5)$. $\text{pH} = 2.4-2.8$. $t_{\text{electrol}} = 60-70^\circ\text{C}$, $i_{\text{cathode}} = 2.5-4.0 \text{ mA/cm}^2$, $S_{\text{cathode}} : S_{\text{anode}} = 1 : 5$. The mass of Co_9S_8 deposits varied from 1 mg/cm^2 (thickness is $\sim 2 \mu\text{m}$) to 36 mg/cm^2 .

Charge-discharge cycling of Co_9S_8 electrodes was carried out using coin-type cells 2325 with a lithium counter-electrode and PE with a polymer matrix PVDF (polyvinylidene fluoride). PE was prepared by irrigation technology, described briefly below. For the preparation of PE we used polymer PVdF Solef 21508; LiClO_4 (Iodobrom, Saki, Ukraine), and solvents PC (propylene carbonate, Angarsk Chemical Reagents Plant, Russia) and THF (tetrahydrofuran, Labskan, Ireland). The constituents of PE (solvents, lithium salt, polymer) were mixed, if necessary, upon heating, in a predetermined ratio and sequence. The resulting solution was poured on a thin-layer test electrode, forming a polymer solid film with a thickness of $30-60 \mu\text{m}$ or a viscous gel-like mass. All operations were performed in a glove box under a dry argon atmosphere. PE was prepared as follows. A portion of the polymer was dissolved in a predetermined amount of solvent (THF), then a lithium salt was introduced. After its dissolution, a plasticizer polypropylene carbonate (PC) was added. The mass ratio of PVDF to 0.5 mol/L salt solution was $1.0 : 5.5$. Subsequently, THF was removed by heating.

The components of the liquid electrolyte were: ethylene carbonate (EC, Merck): dimethyl carbonate (DMC, Merck) = $1 : 1 \text{ wt.}$, 1 mol/L LiClO_4 (Iodobrom).

According to the International File (JCPDS-01-086-2273), the reflexes of the X-ray diffraction pattern are fully consistent with those of Co_9S_8 cobalt sulfide (cobalt pentlandite). The crystallite size of the synthesized sulfide material, determined by the Debye-Scherrer method, was around 49 nm. In an inert atmosphere, electrolytic cobalt sulfide Co_9S_8 when heated to 600°C can be considered as a completely stable structure.

The surface morphology of the electrolytically precipitated single-phase cobalt sulfide Co_9S_8 , obtained from hot (80°C) electrolyte, is characterized as an agglomerate of densely packed ball-shaped particles with an average size of 8–12 μm [10]. They in turn consist of smaller submicron particles of 300–400 nm.

The discharge-charging profile of the layout depends on the electrode loading of Co_9S_8 . This is evidenced by the comparison of discharge-charge curves of the models, where the mass of the active component varied from 7.3, 3.8 to 0.003 mg/cm^2 . As the mass of active material on the substrate decreases, the capacity at discharge to 0.05 V in EC, DMC, 1 mol/L LiClO_4 solution in 20th cycle is equal to 225; 400; 1100 mAh/g . We continued testing of Co_9S_8 sulfide in gel-like and solid-phase-like polymer electrolytes and its modification to improve electrode discharge characteristics in the redox reactions with lithium.

Peaks of the FTIR spectra of deposits at wave numbers of 433.77; 442.78; 452.91 cm^{-1} indicate the presence of Co_9S_8 in the as-synthesized products prepared for our investigations (fig. 1). FTIR peaks at 575.61; 616.70; 685.37; 711.26 Cm^{-1} most probably belong to the ions adsorbed on the surface of the deposits from the electrolyte for the synthesis of Co_9S_8 . They reflect the Co–O bonds of the cobalt oxide compounds and SO_4^{2-} ions [11]. The discharge and charge profiles of Co_9S_8 electrode in PE and liquid electrolyte indicate that the mechanism of electrochemical performance may be similar in these two cases (figs. 2 a; 2 b).

The discharge capacity of the $\text{Co}_9\text{S}_8/\text{Li}$ system with PE differs significantly in the first and subsequent cycles similarly to what is observed with the electrochemical conversion of Co_9S_8 in a liquid electrolyte. The starting capacity of

Co₉S₈ may reach 600 mAh/g, exceeding its theoretical capacity as it was also found with CoS₂ sulfide electrode [12].

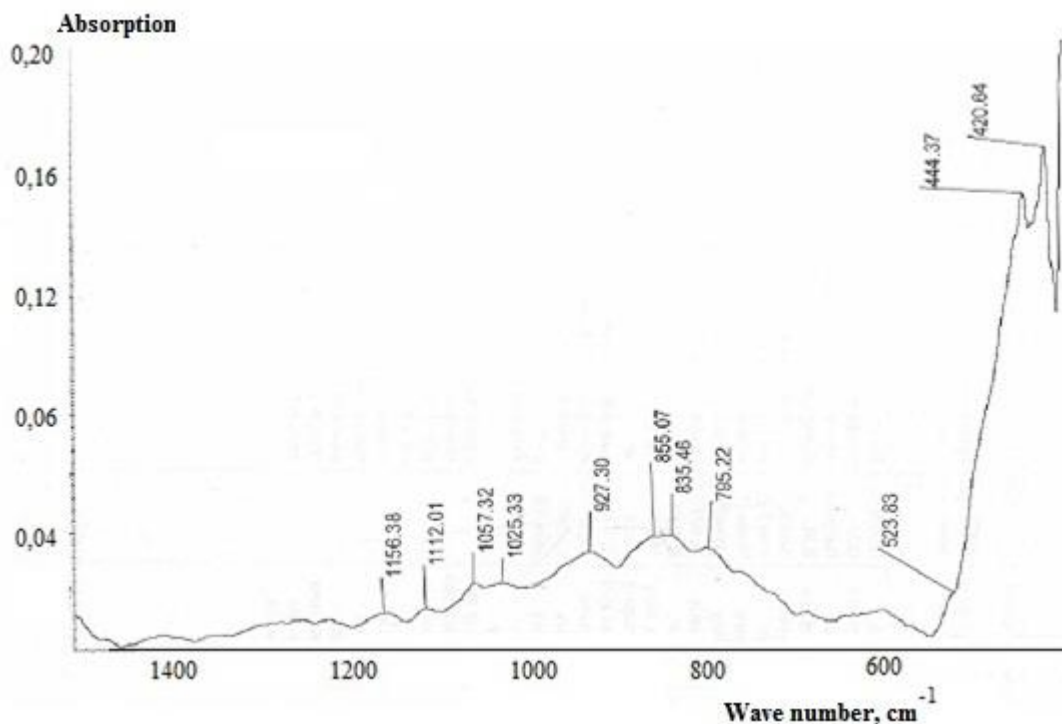


Figure 1. FTIR spectrum of the as-prepared Co₉S₈ deposit

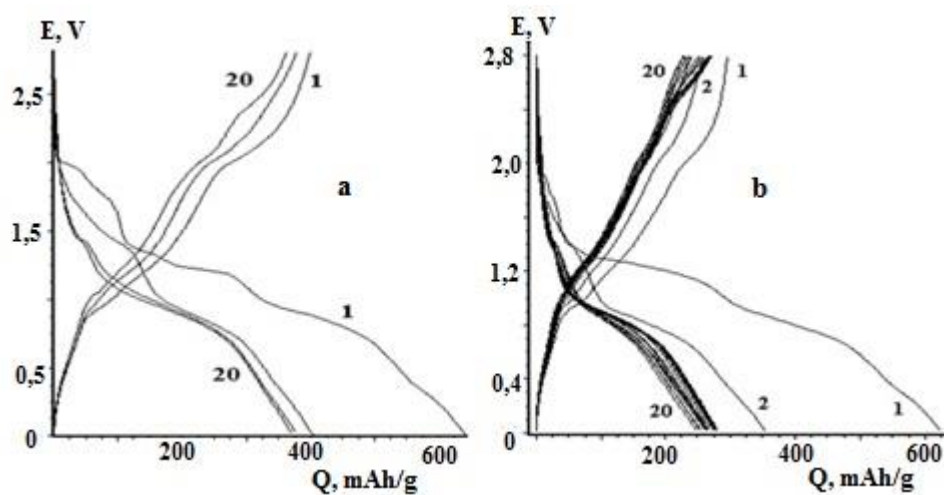
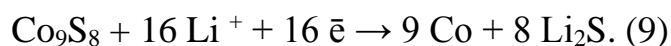


Figure 2. Discharge-charge curves of Co₉S₈-electrodes in the electrolytes: a – EC, DMC, 1 mol/L LiClO₄ ($m=3,0 \text{ mg/cm}^2$), b – PVdF-CTFE, EC, DMC, 1 mol/L LiN(CF₃SO₂)₂ ($m=1,4 \text{ mg/cm}^2$), $i_{\text{discharge}}=0,05 \text{ mA/cm}^2$, $i_{\text{charge}}=0,03 \text{ mA/cm}^2$. m – Sulfide mass.

The theoretical capacity of Co₉S₈ is equal to 544 mAh/g according to reaction (9):



This excess is explained by the heterogeneity of the process associated with the significant specific contact surface area of the nanometer active material with the electrolyte.

The reversible capacity of $\text{Co}_9\text{S}_8/\text{Li}$ in PE is about 280–250 mAh/g. The discharge voltage in the first cycle is higher than that in the subsequent cycles. This can be explained by the increased resistance of the surface film formed on the sulfide in the first cycle, which transforms to a less resistant and stabilizes in subsequent cycles.

The irreversible capacity of Co_9S_8 electrodes can be reduced by adding into the electrolysis solution of an anion-type surfactant – polyacrylate ($-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \text{Na}^+$) with the molecular mass of $M=1500000$. This surfactant was synthesized by polymerization of sodium acrylate in the presence of $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$. When the Co_9S_8 -electrode obtained in the presence of anionic surfactant Na-polyacrylate is cycled in EC, DMC, 1 mol/L LiClO_4 solution, the difference between the specific discharge capacity in the first and second cycles decreases, as shown in (fig. 3).

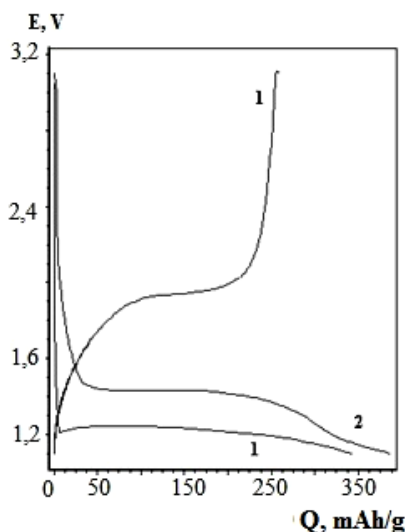


Figure 3. Discharge-charge profiles of the $\text{Co}_9\text{S}_8/\text{Li}$ system with the cobalt sulfide deposited onto aluminum substrate obtained in the presence of anion surfactant (0.04%). $t_{\text{treatment}}=180^\circ\text{C}$.

The discharge-charge characteristics of Co_9S_8 with the same mass of 1.4 mg/cm^2 in solid and gel-like electrolytes differ from each other. The difference is observed both in the starting curves and after cycling for 60–70 cycles.

When comparing differential capacity curves of specimens with the same loading of Co_9S_8 (1.4 mg/cm^2), we observed some differences between the

processes that take place around 1.4 V and 0.8 V in PVdF-CTFE, EC, DMC, 1 mol/L $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ solid-like and gel-like electrolyte solutions as presented in Figures 4 and 5. In Co_9S_8 -electrodes, sulfide conversion occurs around 1.4 V whereas a maximum electrolyte conversion activity in redox reaction with Co_9S_8 can be seen around 0.8 V. In solid electrolyte (fig. 4), a maximum sulfide conversion is observed around 1.4 V, whereas a maximum electrolyte conversion activity can be seen around 0.8 V in gel-like electrolyte (fig. 5).

In a solid electrolyte at the 60th cycle, the main electrode process is the conversion of a sulfide compound, whereas it is the electrolyte reduction in the gel-like electrolyte. This can be explained by the lower electrochemical activity of the reduction of the solid phase electrolyte than that of the liquid electrolyte. In the solid electrolyte, the solubility of the electrochemically inactive lithium polysulfide's, which can be formed when the sulfide compounds are distorted during cycling, is much lower than that in the liquid electrolyte.

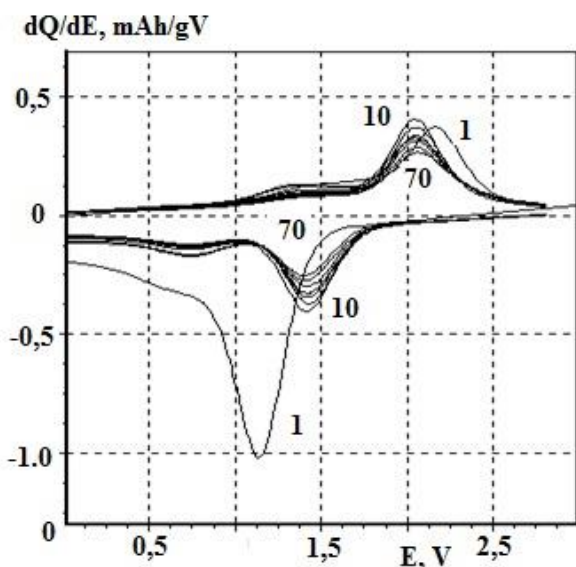


Figure 4. Dependence of differential capacity of Co_9S_8 -electrode on electrode potential in the solid-like electrolyte. Cycle numbers are indicated.

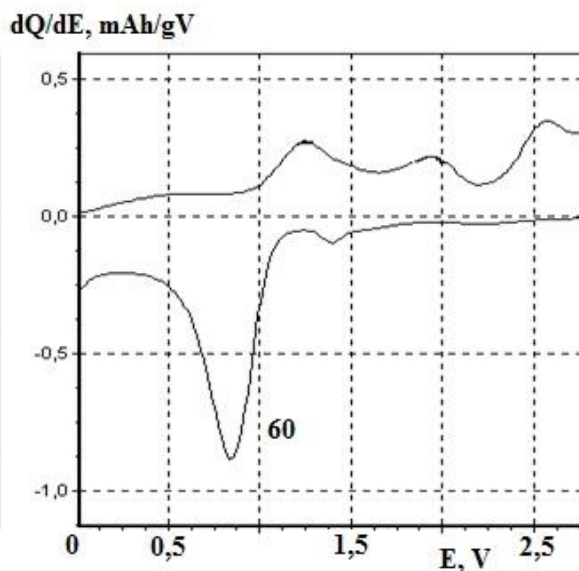


Figure 5. Dependence of differential capacity of Co_9S_8 -electrode on electrode potential for cycle #60 in the gel-like electrolyte.

The discharge characteristics of Co_9S_8 were improved by incorporation of the Norit filler in Co_9S_8 . Norit carbon material has been shown to positively effect on the electrochemical properties of LiMn_2O_4 spinel in a model lithium accumulator

[13]. In studies of Co_9S_8 electrodes with carbon conductive filler, Norit A SUPRA USP 30 with surface area of $1900 \text{ m}^2/\text{g}$ was added (2 g/L) in the base electrolyte for the synthesis of Co_9S_8 at pH 3.26. The electrolysis was conducted under the following conditions: electrolyte temperature of 60°C , cathode current density of $2.0\text{--}2.5 \text{ mA/cm}^2$, duration of electrolysis - 15 minutes, $S_{\text{cathode}}: S_{\text{anode}} = 1: 5$.

The dependence of the differential discharge capacity of (Co_9S_8 , Norit)-electrode on the electrode potential is evidenced by the inclusion of Norit in the electrolytic cobalt sulfide, which is characterized by three phase transitions at potentials of 0.19; 0.14 and 0.09 V. On the starting curve of the redox reaction in the $\text{Li}/\text{Co}_9\text{S}_8$ cell without Norit in the range of $0.5\text{--}0.0 \text{ V}$, a transition process is only detected at 0.3 V, which is related to the formation of a surface film on the cathode. This was not observed in subsequent cycles. The transient processes in the range of $0.25 - 0.00 \text{ V}$ are absent. The transients detected are presumably related to the electrochemical activity of surface functional groups on the Norit carbon material, which was subjected to acid treatment [14]. Oxygen-containing functional groups determine the ion-exchange properties of the carbon material. During metal adsorption, ion exchange processes are possible between a metal ion and surface functional groups (for example, carboxylic). Secondly, the implementation of redox adsorption is possible, because of which a part of the metal ions is reduced to metal [14]. Ion-exchange processes with the participation of lithium ions and hydrogen ions of functional groups can be associated with the transients we discovered.

The discharge characteristics of the Co_9S_8 were improved by incorporation of the Norit filler in Co_9S_8 . From (fig. 6), it can be seen that the capacity of the first discharge cycle is 760 mAh/g and the reversible capacity is stabilized at $\sim 400 \text{ mAh/g}$.

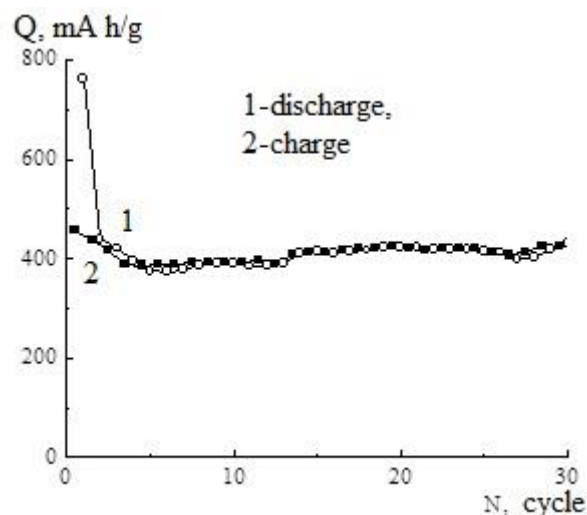


Figure 6. Dependence of (Co₉S₈, Norit)-electrode discharge capacity on cycle number.

It was established that the reversible capacity of Co₉S₈ was stabilized at ~400 mAh/g for electrodes obtained with Norit conductive filler added in the electrolyte for the synthesis. A possible reason for improving the electrochemical characteristics can be explained by the double positive effect of the Norit additive, namely an increased electrical conductivity of the active mass of Co₉S₈ + Norit and an improved adhesion of the sulfide deposit to the substrate.

In this way, we established and explained the observed differences between the discharge characteristics of the Co₉S₈-electrode in PE with gel-like consistency and that with a solid-like film. The starting capacity of Co₉S₈ in gel-like PE as well as in liquid electrolyte may reach 600 mAh/g, exceeding its theoretical capacity of 544 mAh/g. During prolonged cycling, the discharge capacity of Co₉S₈ decreases in gel-like PE, as well as in liquid electrolyte. The reversible capacity of Co₉S₈/Li in solid-like PE is about 280–250 mAh/g at the average discharge voltage of 1.40–1.45 V. In a solid-like electrolyte, the capacity fade was calculated as 0.3% /cycle at 70 cycles. Critical factors of the discharge capacity fade of metal-sulfide materials/PE/Li are an increased polarization resistance of the lithium electrode, as a result of disruption of its contact with PE, and also drying of the electrolyte in the porous spaces of the polymer gel matrix [15].

The irreversible capacity of $\text{Co}_9\text{S}_8/\text{Li}$ can be reduced by incorporation of an anion-type surfactant – sodium polyacrylate that was used as an additive in the electrolyte for the synthesis of Co_9S_8 . Norit conductive filler added in the electrolyte for the synthesis of Co_9S_8 has been tested here to improve the electrochemical characteristics of Co_9S_8 electrodes. The reversible capacity of Co_9S_8 was stabilized at ~ 400 mAh/g for electrodes obtained with Norit conductive filler added in the electrolyte for synthesis. The improved electrochemical characteristics can be explained by the double positive effect of Norit, such as an increased electrical conductivity of the active mass of $\text{Co}_9\text{S}_8 + \text{Norit}$ and an improved adhesion of the sulfide deposit to the substrate.

1.2 Features of UV Technology

Застосування сучасних хімічних технологій сприяє поліпшенню стану природи, відновлення збитку, нанесеного навколишньому середовищу: виснаження ресурсів планети, забруднення атмосфери. Протягом останніх років особливо активно проводяться різні дослідження в сфері екології та раціоналізації впливу виробництв на навколишнє середовище.

Однією із сучасних хімічних технологій минулого століття в поліграфії стали активно розвиватися УФ технології. Причиною цього була поява нових хімічних сполук, а точніше – нових типів акрилових олігомерів і мономерів. Ці інноваційні матеріали зробили революцію не тільки в поліграфії, але і в багатьох інших галузях промисловості, що пов'язано з цілим рядом переваг, якими володіють матеріали УФ полімеризації.

Причиною широкого поширення матеріалів УФ полімеризації є кілька основних переваг:

- екологічність – УФ матеріали не містять ніяких шкідливих викидів, оскільки мають 100 відсотковий сухий залишок;
- висока продуктивність і технологічність. Висока швидкість виконання тиражу – це основа сучасної поліграфії, і питання висихання матеріалів є

першорядним. В ідеалі матеріали УФ полімеризації сохнуть миттєво, а отриманий сухий відбиток можна вирубувати, виконувати тиснення, лакувати, упаковувати, відправляти готову продукцію замовникові і отримувати гроші;

- фізико-хімічні властивості покриттів – покриття, що утворюються фарбами та лаками УФ полімеризації, мають високу хімічну стійкість і механічну міцність.

Розвиток УФ технологій істотно розширило можливості поліграфії, з'явилася можливість друкувати з різних основ, в тому числі і невбираючих. Висихання традиційних фарб на таких засадах утруднено, тому переваги УФ матеріалів з їх миттєвим закріпленням в цій області незаперечні.

Крім полімерних основ УФ фарбами можна друкувати і по пористих основах: полімеризація відбувається миттєво, матеріал не встигає вбиратися і тому обробка виходить більш якісною.

УФ технологіям можливі найрізноманітніші види обробки, що також обумовлено миттєвим висиханням УФ композицій. Накладання багато різних шарів і здійснення поєднання різних матеріалів (лаків, фарб, металізованих компонентів, лаків з порошками і т. д.).

Так само, як і звичайні, УФ-фарби являють собою суміш з твердих і рідких компонентів:

- Тверді компоненти - пігменти, фотоініціатори, наповнювачі й віск.
- Рідкі компоненти - смоли, лаки (олігомери) і розчинники (мономери).

Таблиця 1

Різниця складу традиційних фарб та УФ-фарб

Звичайні офсетні фарби	УФ-офсетні фарби
Пігменти	Пігменти
Тверді смоли (фенольні, фенолоформальдегідні)	Олігомери (епоксиди, поліефіри, поліуретани та ін.)
Масла (рослинні, мінеральні)	Мономери (розчинники)
Сикатив	Фотоініціатор

Пігменти. Пігмент поглинає УФ-випромінювання і, відповідно, від нього залежить наскільки глибоко УФ-випромінювання, що падає з джерела світла на поверхню затвердіння, проникне в масу матеріалу для того, щоб здійснилася об'ємна полімеризація. Різні пігменти поглинають УФ-випромінювання в різних діапазонах довжин хвиль і іноді спектр поглинання фотоініціатора і пігменту перекриваються, і тоді пігмент інгібує процес ініціювання полімеризації.

Мономери. Мономер в фарбі відповідає за її різні реологічні властивості - плинність, липкість і в'язкість. Якщо ми візьмемо різні мономери, матеріали можуть полімеризуватися з різною швидкістю, що вплине на фізико-хімічну стійкість плівки, яку утворює світло затверділа композиція.

Олігомери. Вони відповідають за адгезію, швидкість полімеризації і за глянець.

Фотоініціатори. Різні фотоініціатори впливають на швидкість і на тип полімеризації, яка буває поверхнева і об'ємна.

Домішки. Домішки в УФ-фарб грають ту ж роль, що і в традиційних фарбах.

УФ-фарби виробляють так само, як і традиційні офсетні фарби: змішують рідку фазу, пігменти і добавки. До складу додають низьков'язкі мономери, які за дією нагадують розчинник. Вони зволожують пігмент, а значить - консистенція і текучість фарби змінюються.

Під впливом УФ-випромінювання, що входить в склад фарб і лаків, фотоініціатор активізується і утворює вільні радикали або катіони, які, вступаючи в реакцію з компонентами зв'язування – мономерами і олігомерами, викликають «зшивання» і полімеризацію шару.

Рідка фаза практично миттєво переходить в твердий стан - без зміни товщини шару. Віддрукована продукція може відразу передаватися на наступні оздоблювальні операції.

Друкарні працюють за двома базовими схемами:

Для *всмоктуючої основи* – УФ-сушіння на прийомці. Лінія з 2-3 світильниками потужністю до 200 Вт / см знадобиться при друці тріадою.

Для *невсмоктуючих поверхонь* – по одній лампі після кожної секції, плюс сушка на прийомці.

Другу схему рекомендують використовувати і при роботі з повноколірним малюнком. Тоді ультрафіолетове випромінювання проникне в усі шари поверхня правильно полімеризуються.

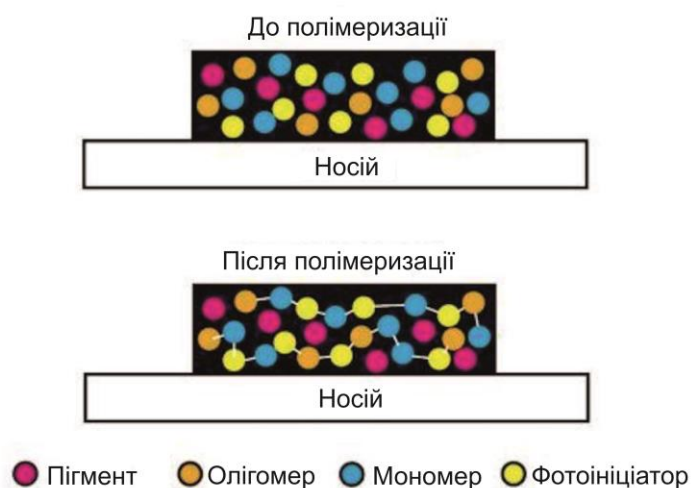


Рисунок 1. УФ-фарби до і після полімеризації

Фіксація – результат кисневого окислення і полімеризації сполучних елементів. В УФ-складових багато сикативів, акрилатних олігомерів, і поверхня «схоплюється» за секунди. При роботі з невисмоктуючими поверхнями в чорнило для ультрафіолетової обробки додають поліефір або поліуретан акрилат. Ці речовини збільшують адгезію.

Адгезія УФ-фарб на різних матеріалах становить:

100 - відмінна адгезія;

75-80 - нормальна адгезія, але рекомендується попереднє тестування нових матеріалів і поверхневе лакування;

50 - прийнятна адгезія, але краще виконати попереднє тестування і поверхневе лакування.

Поверхневий натяг УФ-фарб, призначених для друку на невисмоктуючих матеріалах, зазвичай становить 32-35 mN / м. Для гарної адгезії поверхневий

натяг матеріалу, що задруковується має бути на 10 mN / м вище, ніж у фарби. Це в ідеальному випадку. Допустимий мінімум - 38 mN / м.

Таблиця 2
Поверхневий натяг матеріалу

Позначення	Матеріал	mN/м
PE	<i>Поліетилен</i>	<i>31</i>
PP	<i>Поліпропілен</i>	<i>29</i>
PS	<i>Полістерол</i>	<i>32-35</i>
ABS	<i>Акрило-нітрил-стирольний сополімер</i>	<i>33-36</i>
PVC	<i>Полівінілхлорид</i>	<i>39-40</i>
PC	<i>Полікарбонат</i>	<i>46</i>
PETP	<i>Лавсан</i>	<i>43</i>

Для збільшення поверхневого натягу матеріалу використовується обробка коронним розрядом або наноситься спеціальний лак-праймер. Перед друком на невсмоктуючих матеріалах необхідно завжди контролювати поверхневий натяг за допомогою спеціального чорнила або тестових олівців, проводити попередні випробування. УФ-технологія значно розширює асортимент матеріалів, які можуть використовуватися для друку. Крім паперу і картону, можна друкувати на різних полімерних плівках, пластику, ламінованих, металізованих матеріалах.

SECTION 2 COMPUTER AND SOFTWARE ENGINEERING

2.1 models and methods of electronic digital signature

Технологія застосування систем ЕЦП є сьогодні найбільш прийнятним способом візування документації, особливо за необхідності ведення документо-обігу в умовах коронавірусної пандемії. Таким спосіб розрахований на мережу абонентів, що посилають один одному електронні документи, наприклад платіжні доручення [19]. Абонентами можуть бути клієнти банку і сам банк у системі клієнт– банк або банки під час обміну документами в міжбанківській мережі. Деякі з цих абонентів можуть тільки перевіряти підписані іншими повідомлення, інші (назвемо їх абонентами з правом підпису) можуть як перевіряти, так і підписувати повідомлення. Крім того, можуть бути випадки, коли хто-небудь може ставити свій ЕЦП тільки як другий підписант після підпису певного абонента-начальника (наприклад, директор бухгалтер); це не змінює суті справи.

Розглянемо далі, такі можливі дві ситуації: перша – якщо в цій мережі є центр (абонент, наділений особливими повноваженнями), друга – всі абоненти з правом підпису рівноправні. Не виключеною є і ситуація, за якої функції центру виконують кілька «локальних центрів». У мережах із центрами можуть бути закладені різні ступені «довіри» центру до абонентів. Тобто, центри в мережах можуть (потенційно) або повністю контролювати абонента, або виконувати чисто формальні функції адміністрування.

Перед підписуванням необхідно передбачити певні запобіжні заходи. У разі програмної реалізації, як правило, секретний ключ підписанта зберігається на його особистій флеш-картці, захищеної від копіювання. Однак цього буває недостатньо, адже флеш-карту можуть викрасти або просто втратити. Отже, необхідний захист від несанкціонованого доступу до секретної інформації

(ключа). Природним вирішенням цієї проблеми є парольний захист. Паролем можуть захищатися не лише функції (опції) поставлення підпису і генерації ключів, а й функції, що змінюють вміст каталогу відкритих ключів абонентів мережі й ін.

У разі програмної реалізації необхідно перевірити відсутність у системі «криптовірусів», які можуть завдати істотної шкоди. Наприклад, в момент підписання «крипто віруси» можуть перехопити секретні ключі і скопіювати їх. Крім того, під час перевірки підпису вони можуть змусити систему «повідомити», що підпис є вірним, хоча він, насправді, є неправильним. Можливим є криптовірус, який, потрапивши в систему одноразово під час генерації ключів, змусить систему згенерувати слабкі ключі. Наприклад, якщо ключі генеруються на основі датчика випадкових чисел, який використовує вбудований таймер, вірус може змінити свідчення таймера, а потім відновити «статус кво». Згодом ці ключі можуть бути легко розкриті зловмисником. Проти таких криптовірусів є лише один захист – завантаження з «чистого» системного носія інформації, і використання «чистого» програмного продукту.

Для створення ЕЦП для конкретного документу необхідно виконати такі два етапи.

1. Генерація ключів. На цьому етапі для кожного абонента генерується пара ключів: секретний і відкритий. Секретний ключ зберігається абонентом у таємниці. Він використовується для формування підпису. Відкритий ключ пов'язаний із секретним особливим математичним співвідношенням і є відомим усім іншим користувачам мережі та призначений для перевірки підпису. Його слід розглядати як необхідний інструмент для перевірки, що дозволяє визначити автора підпису і достовірність електронного документа, але не дозволяє обчислити секретний ключ.

Можливі два варіанти проведення цього етапу. Природним є варіант, коли генерацію ключів абонент може здійснювати самостійно. Не виключено, однак, що в певних ситуаціях цю функцію доцільно передати центру, який буде виробляти для кожного абонента пару ключів секретний і відкритий і займатися

їх поширенням. Другий варіант має ряд переваг адміністративного характеру, однак має принципову ваду – у абонента немає гарантії, що його особистий секретний ключ є унікальним і центр може підробити будь-який підпис.

2. Підписання документа. Перш за все, документ «стискають» до кількох десятків або сотень байтів за допомогою так званої хеш-функції, значення якої складним чином залежить від змісту документа, але не дозволяє відновити сам документ. До отриманого значення хеш-функції застосовують певне математичне перетворення (залежно від обраного алгоритму ЕЦП) і отримують підпис документа. Цей підпис може бути складеним із читаних символів (букв), але часто його представляють у вигляді послідовності довільних символів, що «не читаються». ЕЦП може зберігатися разом із документом, наприклад, стояти на початку або в кінці, або в окремому файлі.

Під час перевірки підпису перевіряючий повинен послуговатися відкритим ключем абонента, який поставив підпис. Цей ключ повинен бути аутентифікованим, тобто перевіряючий повинен бути повністю впевнений, що даний ключ відповідає саме тому абоненту, який видає себе за його власника. Якщо абоненти самостійно обмінюються ключами, ця впевненість може підкріплюватися зв'язком по телефону, особистим контактом або в інший спосіб. Якщо ж абоненти діють в мережі з виділеним центром, їх відкриті ключі підписуються (сертифікуються) центром і безпосередній контакт абонентів між собою (під час перевання або підтвердження автентичності ключів) замінюється контактами кожного з них окремо з центром [20].

Процедура перевірки підпису складається з двох етапів: обчислення хеш-функції документа і проведення математичних обчислень, які визначаються алгоритмом підпису. Останні полягають у перевірці того чи іншого співвідношення, що зв'язує хеш-функцію документа, підпис під цим документом і відкритий ключ підписала абонента.

Якщо розглянуте співвідношення виявляється виконаним, то підпис визнається правильним, а сам документ справжнім, у протилежному випадку документ вважається зміненим, а підпис – недійсним.

Система ЕЦП повинна вирішувати завдання запобігання підробки підпису. У США був прийнятий стандарт на електронний підпис, який є необхідним, по-перше, для отримання впевненості в тому, що зроблений відповідно до стандарту засіб реалізації ЕЦП є крипостійким, по-друге, стандарт забезпечує патентну чистоту, зокрема, алгоритм RSA запатентований в США.

Стійкість більшості схем ЕЦП залежить від стійкості асиметричних алгоритмів шифрування та хеш-функцій. Існує така класифікація атак на схеми ЕЦП:

- атака з відомим відкритим ключем;
- атака відомими підписаними повідомленнями – супротивник, крім відкритого ключа має і набір підписаних повідомлень;
- проста атака з вибором підписаних повідомлень – супротивник має можливість вибирати повідомлення, при цьому відкритий ключ він отримує після вибору повідомлення;
- спрямована атака з вибором повідомлення;
- адаптивна атака з вибором повідомлення.

Кожна атака переслідує певну мету, які можна розділити на кілька класів:

- повне розкриття – супротивник знаходить секретний ключ користувача;
- універсальна підробка – супротивник знаходить алгоритм, функціонально аналогічний алгоритму генерації ЕЦП;
- селективна підробка – підробка підпису обраного повідомлення;
- екзистенційна підробка – підробка підпису хоча б для одного випадково обраного повідомлення;

На практиці застосування ЕЦП дозволяє виявити або запобігти таким діям порушника:

- відмова одного з учасників від авторства документа;
- модифікація прийнятого електронного документа;
- підробка документа;
- нав'язування повідомлень у процесі передавання – супротивник

перехоплює обмін повідомленнями і модифікує їх;

– імітація передавання повідомлення.

Так само існують порушення, від яких неможливо захистити систему обміну повідомленнями – це повтор передавання повідомлення і фальсифікація часу відправлення повідомлення. Протидія даним порушенням може ґрунтуватися на використанні тимчасових вставок і суворому обліку вхідних повідомлень.

Будь-який метод автентифікації, який базується на технології відкритого ключа, може бути перетворений у метод цифрового підписування шляхом заміни перевіряльника однонаправленою хеш-функцією. При цьому повідомлення не хешується перед підписанням, а замість цього хеш-функція включається у саму схему цифрового підписування. Таким чином, у схеми цифрового підписування можуть бути перетворені відомі схеми автентифікації сторін взаємодії, зокрема RSA, Ель-Гамалія, Фіата-Шаміра, Фейге-Фіата-Шаміра, Гіллоу-Куіскуотера та Шнорра.

Варіант реалізації електронного цифрового підпису, побудованого на алгоритмі RSA, наведено на рис. 1.

На відміну від алгоритму шифрування відправником тут є власник пари закритий / відкритий ключ. Процедура формування електронного підпису *sign* під повідомленням схожа з шифруванням документа, але в міру закритого ключа d за відліком n зводиться не саме повідомлення або його частини, а дайджест повідомлення h . Невід'ємною частиною алгоритмів ЕЦП є хешування інформації, на рис. 1 він позначений через H .

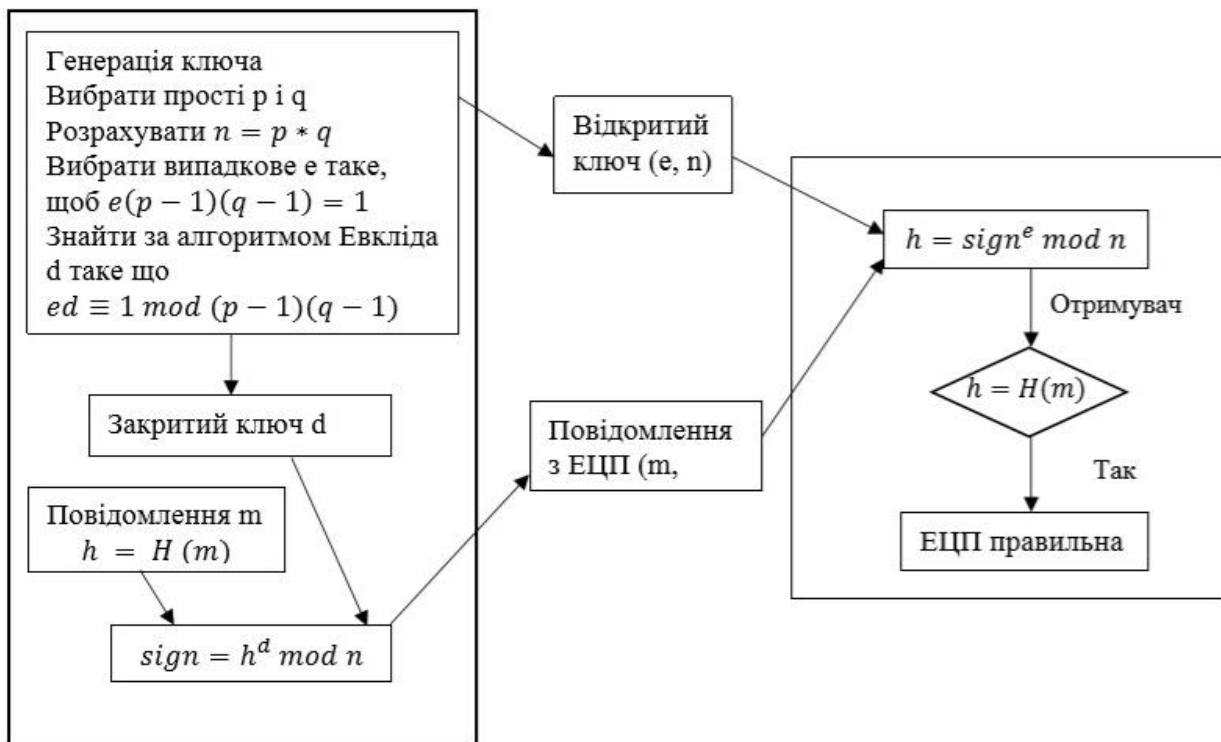


Рисунок 1. Реалізація електронного цифрового підпису, що побудований на алгоритмі RSA

Повідомлення m з підписом $sign$ буде однозначно аутентифікованим. Авторство повідомлення може бути встановлено і доведено парою ключів (d, e) з використанням сертифікації. Зловмисник не зможе підмінити повідомлення m (точніше, йому буде дуже важко це зробити), оскільки йому необхідно замість повідомлення m підставити інше повідомлення m' , яке задовольняє його і має таке ж значення хеш-функції, що і у m , що є на сьогодні обчислювально складним завданням. Із цієї ж причини зловмисник не зможе застосувати перехоплений підпис $sign$ для підпису іншого документа, оскільки для іншого документа буде отримано інше значення хеш-функції h , а воно знаходиться в основі підпису. Таким чином, всі необхідні властивості підпису описаним алгоритмом забезпечуються, що ж стосується криптостійкості методу ЕЦП, то вона визначається криптостійкістю використовуваного асиметричного криптографічного методу і функції односпрямованого шифрування. Необхідно відзначити також, що саме повідомлення m передається у відкритому вигляді.

Для того, щоб забезпечити конфіденційність інформації, що передається, потрібне використання додаткового шифрування за симетричною або асиметричною схемою (при цьому шифрування на ключі d конфіденційності не забезпечить, оскільки повідомлення може бути розшифровано відкритим ключем).

Дуже популярними є схеми ЕЦП на основі алгоритму Ель-Гамалія, що зумовлюється як належною стійкістю алгоритму, так і кращою, порівняно з RSA, швидкістю обчислень. Зокрема, в стандарті національного інституту стандартів США DSS (Digital Signature Standard) використовується алгоритм DSA (Digital Signature Algorithm), який є варіацією алгоритму ЕЦП Ель-Гамалія в модифікації Шнорра. В алгоритмі використовуються такі відкриті параметри:

p – просте число в діапазоні від 512 до 1024 біт;

q – 160-бітове просте число, дільник $p - 1$;

v – будь-яке число, $v < p - 1$, таке, що $v(p - 1)/q \bmod p > 1$;

$g = v(p - 1)/q \bmod p$;

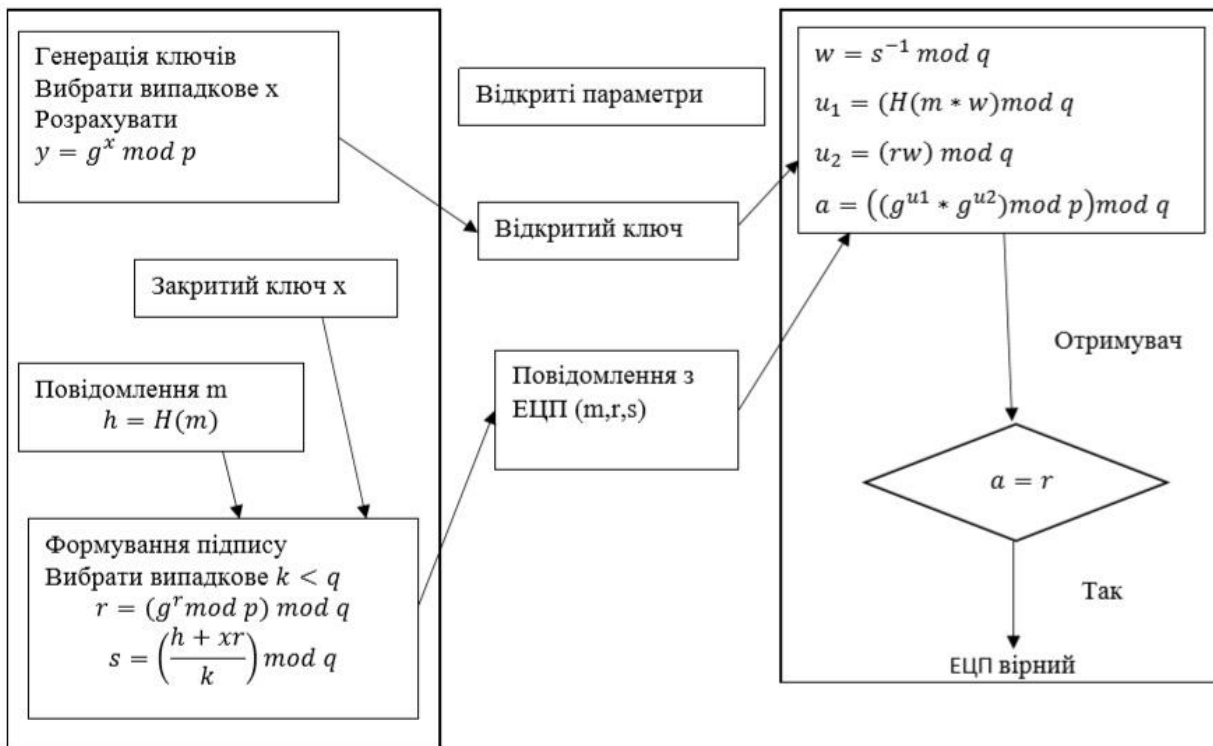
$y = g^x \bmod p$.

Секретним ключем є будь-яке 160-розрядне число x , $x < q$.

Алгоритм ЕЦП DSA у графічній формі представлено на рис. 2.

Існує безліч модифікацій схеми Ель-Гамалія: це алгоритми DSA, ECDSA, KCDSA, схема Шнорр. Так, наприклад, алгоритм RSA, заснований на складному процесі факторизації великих чисел, є одним із перших асиметричних алгоритмів, а алгоритм DSA заснований на складному дискретному логарифмуванні в кінцевому полі, прийнятий за державний стандарт США, застосовується для секретних і несекретних комунікацій. Одним із типів модифікації стало перенесення обчислень в групу, утворену еліптичними кривими.

Для практичного застосування в криптографії використовуються еліптичні



Ри

сунок 2. Алгоритм ЕЦП DSA в графічній формі

криві (ЕК), задані над полями Галуа.

Нехай задано просте число $p > 3$. Тоді e еліптичної кривої E , визначеної над простим кінцевим полем Fp , називається безліч пар чисел (x, y) , $x, y \in Fp$, які задовольняють тотожності:

$$y^2 = x^3 + ax + b \text{ mod } p$$

$$\text{де } a, b \in Fp \text{ і } (4a^3 + 27b^2) \neq 0 \text{ mod } p.$$

Крім того, до еліптичної кривої додається нескінченно віддалена точка I . Таким чином, точки, що задовольняють рівняння кривої E , і точка I утворюють кінцеву абелеву групу. Геометричне уявлення еліптичної кривої зображено на рис. 3.

Для точок еліптичної кривої визначена операція додавання. Для двох точок, що належать кривій E , $P(xp, yp)$ і $Q(xq, yq)$, точка, яка є їхньою сумою, також буде лежати на еліптичній кривій. Координати точки $S = P + Q$ визначаються такими виразами:

$$k = yq - \frac{yp}{xq - xp} \text{ mod } p,$$

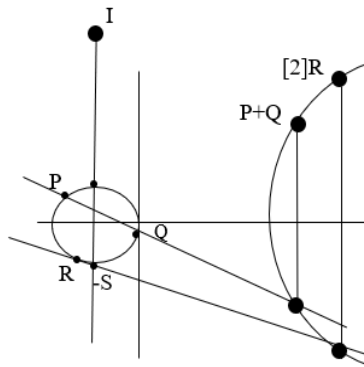


Рисунок 3 – Графік еліптичної кривої EK , заданої над полями Галуа

$$xs = k^2 - xq - xp \text{ mod } p,$$

$$ys = k * (xq - xp) - yp \text{ mod } p.$$

Точку S можна отримати графічно шляхом нескладних побудов. Для цього на графіку проводиться пряма через точки P і Q , і точка перетину цієї прямої з EK дзеркально відображається щодо осі OX (див. рис 3). Якщо точки P і Q збігаються, то ми отримуємо точку $S = 2 * Q$. Тоді її координати визначаються інакше:

$$k = 3 * xq^2 + \frac{a}{2 * yp} \text{ mod } p ,$$

$$xs = k^2 - 2xq \text{ mod } p,$$

$$ys = k(xq - xp) - yp \text{ mod } p .$$

Графічно подвоєння точки можна отримати, побудувавши дотичну до точки і відбивши точку перетину дотичної з еліптичної кривої щодо осі OX (див. точки R і $[2]R$ на рис. 3). Звідси очевидно, що можна визначити операцію множення деякої точки еліптичної кривої на ціле число, яка дозволяє визначити точку $Q = k * P$ (точка P , помножена на ціле число k , звертається в точку Q). Скалярне множення здійснюється за допомогою кількох комбінацій складання і подвоєння точок еліптичної кривої. Наприклад, точка $25 * P$ може бути представлена, як

$$25 * P = 2 * (2 * (2 * (2 * P)) + 2 * (2 * (2 * P))) + P .$$

З операцією множення точки EK на ціле число безпосередньо пов'язана надійність і криптостійкість еліптичної криптографії. Справа в тому, що завдання ECDLP (Elliptic Curve Discrete Logarithm Problem – задача

дискретного логарифма на еліптичній кривій), суть якого полягає в пошуку цілого числа k за відомими точкам P і $Q = k * P$, є важким. Крім рівняння, важливим параметром кривої є базисна (генеруюча) точка G , що обирається для кожної кривої окремо. Секретним ключем відповідно до технології ЕК є велике випадкове число k , а відкритим ключем – добуток k і базисної точки G .

На криптостійкість алгоритму істотно впливає правильний вибір як самої кривої (коефіцієнтів a, b, p), так і базисної точки G [22].

Не кожна крива забезпечує необхідну криптостійкість і для деяких із них завдання ECDLP вирішується досить ефективно. Оскільки невдалий вибір кривої може спричинити за собою зниження забезпечується рівня безпеки, організації по стандартизації виділяють цілі блоки кривих, що володіють необхідною надійністю. Використання стандартизованих кривих рекомендується і тому, що стає можливою найкраща сумісність між різними реалізаціями протоколів інформаційної безпеки.

SECTION 3 COMPUTER SCIENCE

3.1 assessment of the information load on managers in complex linear-functional organizational structures

Modern high-tech enterprises implement organizational management structures that are characterized by strict hierarchy and uneven distribution of all kinds of information (concerning technology, management, communication etc.) between departments. Analysis of the information load on the elements of the structure, especially the upper levels of the hierarchy (senior managers), can be performed using models for evaluation of information flows in the structure and its subsequent optimization.

A number of publications have been devoted to the development of models and methods for analysis of information flows, resources and processes. The work [23] describes the principles of building a control system and of management of organizational processes that take into account the accumulated information. The work [24] is devoted to the development of an information flows model in an automated control system using the theory of random processes. The method of intellectual management of information resources of an industrial enterprise is described in [25,26]. Based on the performed analysis, the authors consider the amount of publications devoted to the issues of modeling information flows in organizational structures to be insufficient.

The model of a complex linear-functional organizational structure (CLFOS) can be presented as a sequence of hierarchically ordered levels of control (see figure 1). A complex organizational structure is required to have more than 1000 workers and at least 3 hierarchy levels.

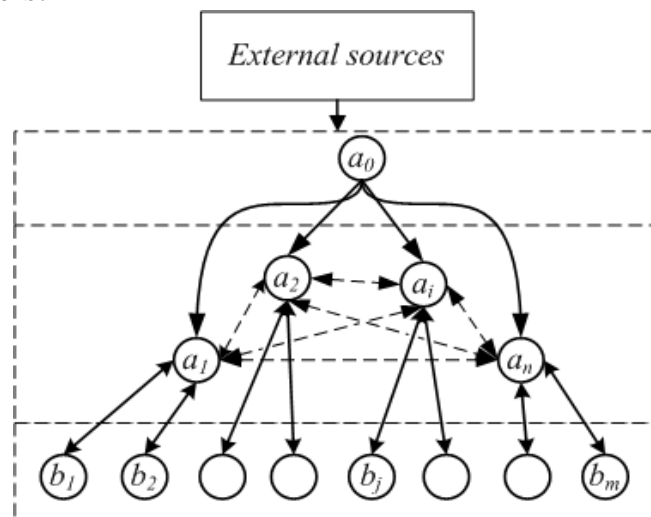


Figure 1. CLFOS model.

In this work the authors consider the information flow as an array of messages, which is determined by the intensity of the flow, the amount of information at a certain time interval and the value of information. The array is also characterized by the inclusion of information links, and the various types and forms of information submission.

Vertical information links determine the hierarchy of the organizational structure that relies on a vertical chain of command to organize employees and their responsibilities. Information flows of such links consist of orders, instructions and other normative documents. Horizontal links represent the informal interaction between different units with a common goal, and consists of verbal and non-verbal communication between units and single elements of the structure. External information links represent interaction with ministries, state administrative bodies, agencies etc.

Let's consider an analytical model that defines the quantitative estimates of the information flows' properties:

$$I_{am} = \langle IFI, AoI, VoI \rangle, \quad (1)$$

where *IFI* is an information flow intensity, which is characterized by λ – the average amount of sent/received messages per unit of time; *AoI* is the amount of information; *VoI* is the value of information.

IFI can be defined using the theory of random processes, where the intensity of $\lambda_{\Delta t}$ is the main quantitative characteristic of the flow. In many cases, random flows are described by the Poisson distribution law.

AoI is based on the concept of selecting one option from all possible messages. This definition is not connected to the meaning and importance of the transmitted message, but related to the degree of its uncertainty – entropy *H*. The entropy can also be interpreted as the average rate at which information is produced by a source of data. *AoI* conveyed by each individual event is a random variable whose expected value is the information entropy, typically measured in units of information or bits.

Given a random variable X , with possible outcomes x_i , each with probability $P_X(x_i)$, the entropy is determined by [27]:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \cdot \log_2 P(x_i). \quad (2)$$

Shannon's formula is an expression for the information capacity of a communication channel. It is considered that the bigger the uncertainty, the more informative is the message when that uncertainty is removed.

The following example displays the process of quantitative estimation of AoI of the information flows. Let's consider a CLFOS that has eight senior managers and a set of functional links between them. The managers are as follows: M_1 – marketing director, M_2 – chief designer, M_3 – production director, M_4 – technical director, M_5 – chief engineer, M_6 – director of finance and economics, M_7 – director of HR, M_8 – director of procurement.

Table 1 shows IFI in the form of average amount of messages sent by manager M_j to manager M_i during a certain period of time. The data is used to assess the entropy of messages sent by managers using the formula (2). For example, for M_1 :

$$H_s(X) = -\left(\frac{9}{62} \cdot \log_2 \frac{9}{62} + \frac{16}{62} \cdot \log_2 \frac{16}{62} + \frac{10}{62} \cdot \log_2 \frac{10}{62} + \frac{18}{62} \cdot \log_2 \frac{18}{62} + \frac{2}{62} \cdot \log_2 \frac{2}{62} + \frac{5}{62} \cdot \log_2 \frac{5}{62} + \frac{2}{62} \cdot \log_2 \frac{2}{62}\right) = 2,46.$$

Table 1.
Average amount of sent/received messages per unit of time

$\lambda(M_j \rightarrow M_i)$		recipients (M_i)								
		M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	Σ
senders (M_j)	M_1		9	16	10	18	2	5	2	62
	M_2	2		14	10	1	12	14	19	72
	M_3	4	12		10	10	19	13	13	81
	M_4	3	2	11		13	12	19	17	77
	M_5	2	18	18	8		15	11	8	80
	M_6	19	20	9	5	20		11	1	85
	M_7	12	8	14	11	13	2		19	79

	M_8	17	13	18	16	10	15	12		101
	Σ	59	82	100	70	85	77	85	79	

Table 2 displays the results of the calculated entropy $H(X)$ of the information sent by managers.

Table 2.
The entropy for senders

		recipients (M_i)								$H_s(X)$
		M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	
senders (M_j)	M_1		-0,4	-0,5	-0,42	-0,52	-0,16	-0,29	-0,16	2,46
	M_2	-0,14		-0,46	-0,4	-0,09	-0,43	-0,46	-0,51	2,48
	M_3	-0,21	-0,41		-0,37	-0,37	-0,49	-0,42	-0,42	2,71
	M_4	-0,18	-0,14	-0,4		-0,43	-0,42	-0,5	-0,48	2,55
	M_5	-0,13	-0,48	-0,48	-0,33		-0,45	-0,39	-0,33	2,61
	M_6	-0,48	-0,49	-0,34	-0,24	-0,49		-0,38	-0,08	2,51
	M_7	-0,41	-0,33	-0,44	-0,4	-0,43	-0,13		-0,49	2,64
	M_8	-0,43	-0,38	-0,44	-0,42	-0,33	-0,41	-0,37		2,78

Table 3 displays the results of the calculated entropy $H(X)$ of information received by managers. For example, for M_1 :

$$\begin{aligned}
 H_r(X) = & -\left(\frac{2}{62} \cdot \log_2 \frac{2}{62} + \frac{4}{62} \cdot \log_2 \frac{4}{62} + \frac{3}{62} \cdot \log_2 \frac{3}{62} + \frac{2}{62} \cdot \log_2 \frac{2}{62} + \frac{19}{62} \cdot \log_2 \frac{19}{62} + \right. \\
 & \left. + \frac{12}{62} \cdot \log_2 \frac{12}{62} + \frac{17}{62} \cdot \log_2 \frac{17}{62}\right) = 2,32.
 \end{aligned}$$

Table 3.
The entropy for recipients

		recipients (M_i)							
		M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
senders (M_j)	M_1		-0,35	-0,42	-0,4	-0,47	-0,14	-0,24	-0,13
	M_2	-0,17		-0,4	-0,4	-0,08	-0,42	-0,43	-0,49

M_3	-0,26	-0,41		-0,4	-0,36	-0,5	-0,41	-0,43
M_4	-0,22	-0,13	-0,35		-0,41	-0,42	-0,48	-0,48
M_5	-0,17	-0,48	-0,45	-0,36		-0,46	-0,38	-0,33
M_6	-0,53	-0,5	-0,31	-0,27	-0,49		-0,38	-0,08
M_7	-0,47	-0,33	-0,4	-0,42	-0,41	-0,14		-0,49
M_8	-0,52	-0,42	-0,45	-0,49	-0,36	-0,46	-0,4	
$H_r(X)$	2,32	2,61	2,77	2,74	2,6	2,53	2,73	2,44

The amount of information passing through the communication channels of each manager is determined as

$$AoI(M_k) = H_s(X) + H_r(X), \quad (3)$$

where M_k is a manager, here $k=1..8$; H_s is the entropy of sent messages; H_r is the entropy of received messages.

The concluding information load of managers is equal to the following: $AoI(M_1) = 4,79$; $AoI(M_2) = 5,09$; $AoI(M_3) = 5,48$; $AoI(M_4) = 5,29$; $AoI(M_5) = 5,21$; $AoI(M_6) = 5,03$; $AoI(M_7) = 5,37$; $AoI(M_8) = 5,22$. It is recommended to balance the managers' information load (by delegating authority, expanding the organizational structure, improving information value and relevance etc.) to increase their productivity.

VoI is estimated using the formula proposed by M.M. Bongard and A.A. Kharkevich [28]:

$$VoI = \log_2 \frac{P}{p}, \quad (4)$$

where p and P are respectively the probabilities of achieving the aim before and after the receipt of the information.

However, using the above mentioned formula in real management situations is difficult. Firstly, the estimation of probabilities may prove problematic. Secondly, the probabilities of achieving the goal before and after receipt of the information may be the same, e.g. equal to 1. In this case, as in other cases, it may be useful to compare the options for achieving the goal not by probability but by other criteria, e.g. by time. Generally this choice can be multicriterial, that is, not the individual parameters

should be compared, but changes in the objective function of many parameters. Thirdly, a fixed aim must be considered for these formulas, and the information can be used for evaluation and selection of goals. The final disadvantage is that in order to use these formulas, the task must be calculated to the end (to the achievement of the goal), which is not always possible.

Given that the formula (4) is quite difficult to apply to the task of assessing the information load of managers, an approach suggested by [29] was considered.

The type of a project and its goals determine the properties that indicate the value of information. Therefore, the information properties are closely connected. Let's consider a set C that consists of information properties: $C = \{c_i \mid i = 1..I\}$. The properties are as follows: reliability ($c_1(x)$), completeness ($c_2(x)$), confidentiality ($c_3(x)$), secrecy (subtle data transfer) ($c_4(x)$), promptness ($c_5(x)$), relevance ($c_6(x)$), coherence ($c_7(x)$). The connection of the listed properties applied to an information unit x of the set X is determined by the generalized *VoI*:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^I w_i(x) \cdot c_i(x), \quad (5)$$

where $c_i(x)$ is a set of measurable information properties of x , ($c_i = 0..1$);

$w_i(x)$ is a set of indexes of the properties' importance determined by an expert or a group of experts ($i = 1..7$);

I is the number of information properties that determine the value of a message.

The expert's estimates are obtained using the Saati method (AHP), in which a scale of importance from 1 to 9 is suggested. The results of pairwise comparisons of properties' significance are presented in the form of the matrix (table 4). Each entry of the matrix represents the importance of one property relative to another.

Table 4.

Pairwise comparison matrix of properties' significance

	$c_1(x)$	$c_2(x)$	$c_3(x)$	$c_4(x)$	$c_5(x)$	$c_6(x)$	$c_7(x)$
$c_1(x)$	1	3	7	9	3	1	7
$c_2(x)$	0,33	1	5	7	0,33	0,2	3

$c_3(x)$	0,14	0,2	1	3	0,2	0,14	0,33
$c_4(x)$	0,11	0,14	0,33	1	0,14	0,11	0,2
$c_5(x)$	0,33	3	5	7	1	0,33	1
$c_6(x)$	1	5	7	9	3	1	7
$c_7(x)$	0,14	0,33	3	5	1	0,14	1

The calculated indexes are: $w_1(x) = 0,3$; $w_2(x) = 0,11$; $w_3(x) = 0,04$; $w_4(x) = 0,02$; $w_5(x) = 0,14$; $w_6(x) = 0,32$; $w_7(x) = 0,07$.

For example let's compute *VoI* for messages sent to manager M_1 . The manager evaluated the information received from managers M_2 - M_8 by its properties c_1 - c_7 as shown in table 5.

Table 5.

Information properties of the messages sent to M_1

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
M_2	0,5	0,9	0,9	0,7	0,6	1,0	1,0
M_3	1,0	0,4	0,4	0,7	0,7	0,9	0,3
M_4	0,4	0,3	0,9	1,0	1,0	0,7	0,2
M_5	0,5	0,2	0,8	0,7	0,9	0,5	0,7
M_6	0,5	0,8	0,8	0,4	0,6	0,8	0,9
M_7	0,5	0,9	0,6	0,3	0,5	0,6	0,3
M_8	0,5	0,2	0,4	0,4	0,8	0,6	0,5

The generalized *VoI* for messages sent from M_2 to M_1 equals

$$0,5 \cdot 0,3 + 0,9 \cdot 0,11 + 0,9 \cdot 0,04 + 0,7 \cdot 0,02 + 0,6 \cdot 0,14 + 1,0 \cdot 0,32 + 1,0 \cdot 0,7 = 0,74.$$

The generalized values are as follows: $Z_{M_2}(x) = 0,74$; $Z_{M_3}(x) = 0,78$;

$Z_{M_4}(x) = 0,6$; $Z_{M_5}(x) = 0,52$; $Z_{M_6}(x) = 0,7$; $Z_{M_7}(x) = 0,55$; $Z_{M_8}(x) = 0,53$. The total sum for *VoI* of messages received by M_1 equals 4,42. *VoI* of messages received by other managers is computed in the same way.

The proposed analytical model defines the quantitative estimates of the information flows' properties and thus demonstrates the managers' information load

from different perspectives: intensity, amount and value of information processed. The obtained data can be used to optimize the efficiency of managers' communication.

3.2 integrated information technology of the analysis of group experts' judgments under heterogeneity and inconsistency

Currently, there are three main tasks of the analysis of group expert assessments [30, 31]:

1. evaluating the consistency of expert estimates;
2. classification (clustering) of expert estimates in absence of their consistency;
3. evaluating the a generalized assessment within an agreed group.

There are many expert analysis methods, approaches and techniques designed to solve such problems, however, there is no scientifically based classification and unification of such methods and, moreover, unequivocal recommendations for their application [32]. This circumstance, apparently, is primarily due to the diversity of expert measurement scales and the large amount of different forms of presentation of expert estimates (numbers, rankings, intervals, pairwise comparisons, etc.), which led to the emergence of various methods for their analysis.

The second factor that should be taken into account in the procedure of choosing of expert analysis methods is the various types of ignorance (incompleteness, uncertainty, fuzziness, inaccuracy, ambiguity, etc.), under the influence of which expert assessments are generated and processed. The third factor that should be taken into account is the limited number of experts n ($n \leq 30$), i.e. the sample of their estimates is small, which makes it almost impossible to check, for example, for a normal distribution even using such a powerful nonparametric criterion of agreement as the Shapiro-Wilk test [33]. Considering that the main expert analysis methods are methods of applied mathematical statistics, this factor does not allow the use of parametric statistical models.

Based on the foregoing, the basis for approaches to the unification of group expert analysis technologies should be based on the accounting of the factors considered.

It should be noted that there are practically no scientific publications on the problem posed, and, perhaps, it is possible to refer only to the work [34] devoted to the unification of algorithms for organizing examinations.

Let us consider a number of possible approaches to the construction of unified group expert analysis technologies, which are based on the consideration of the types of tasks, types of measurement scales and forms of presenting expert assessments. Let a group of experts $E = \{E_i | i = \overline{1, n}\}$, evaluating some initial set of objects of expertise (alternatives) $A = \{A_j | j = \overline{1, m}\}$, formed profiles of expert preferences $B = \{B_i | i = \overline{1, n}\}$. The profile B_i formed by the expert E_i reflects his preferences and presents his assessments in the form of words, conditional gradations, numbers, orderings, pairwise comparisons, intervals, binary relations, etc. The presentation of expert information depends on a given measurement scale (scale of expert preferences).

In the case of solving multi-criteria decision making problems, each alternative is evaluated according to a number of signs (criteria), then the profile of expert (expert panel) preferences can be represented as $B_i = \{C_l | l = \overline{1, q}\}$, where C_l reflects expert preferences regarding the criteria k_l , presented in a given measurement scale.

The task of structuring group expert preferences B_i reduced to their aggregation in order to synthesize a single group solution R :

$$\begin{array}{c} (B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_n) \Rightarrow R, \\ \uparrow \\ [\pi] \end{array} \quad (1)$$

where $[\pi]$ is some operator for processing group expert assessments (methods, rules, algorithms).

In the case of solving single-criteria decision making problems, the results of an expert survey in the form of a set of group expert assessments can be represented in the form of $n \times m$ matrix:

$$B = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_i \\ \dots \\ B_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{i1} & b_{i2} & \dots & b_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

where b_{ij} is assessment by the i -th expert of the j -th object, formed in the framework of a given measurement scale.

In this matrix, each row contains the estimates of some expert for all objects, and the column contains the estimates of the entire expert group for one of the objects.

To choose intelligently which method to use for obtaining a generalized assessment on a set of group expert assessments, it is first necessary to test the consistency (homogeneity) of expert judgments. The results of such a check can lead to one of two possible options: a set of expert judgments is characterized by a high degree of consistency (which indicates their homogeneity); in the composition of the expert group there are those whose assessments may differ in magnitude from the assessments of the main group, the presence of such assessments in the total set of group expert assessments violates its uniformity (consistency / homogeneity).

In the case the analysis reveals a high degree (excellent) of consistency among the experts, the aggregation of expert preferences is performed in order to obtain the final (group) ordering (ranking) of the analyzed objects (alternatives):

$$R_{rez} : A_j P A_k P \dots P A_z, \forall (A_j, A_k, A_z) \in A;$$

where P is a type of preference relations $P = \{>\}$ (a strict preference relation), or $P = \{>, \sim\}$ (a weak preference relation).

When solving the multi-criteria decision making problems, the procedure of aggregating expert assessments E_i within the framework of his profile B_i is performed, i.e. the aggregation of expert judgments among the different *criteria* $K = \{k_l | l = \overline{1, q}\}$, then aggregation of the obtained estimates is carried out within the expert group $E = \{E_i | i = \overline{1, n}\}$.

Upon receipt of a loose ordering, the groups of elements (A_k, A_j) arise that are related to each other by a preference relation “ \sim ”, i.e. $(A_k \sim A_j)$, such groups represent a cluster of equivalent preference elements.

The lack of consistency (homogeneity) indicates the presence in the expert group of a certain number of subgroups within which expert assessments can be recognized as homogeneous, i.e. the expert group *consists of experts* who have different (but similar within the same subgroup) points of view on solving the problem under consideration. Such a situation arises, for example, due to the presence among experts of representatives of several scientific schools or even teams. In the worst case, an expert survey generates a significant number of small subgroups of experts with consistent / similar (in one sense or another) intra-group estimates, but inconsistent between subgroups.

As a result of this, two tasks arise: the identification and exclusion of sharply distinguished observations (outliers); splitting (clustering) of the initial set of expert assessments into several subgroups (clusters) of experts with close (consistent, one-dimensional, homogeneous) assessments, for their subsequent analysis and search for an aggregate assessment.

The task of splitting the expert group is to identify a number of subgroups of experts $E \Rightarrow \{G_1\}, \{G_2\}, \dots, \{G_q\}, \dots, \{G_s\}$ ($G_q \subseteq E$, $\{G_q\} = \{E_1, \dots, E_r\}$, $r \geq 1$) having a similar opinion and *identifying* such E_l that do not belong to any subgroup, i.e. $E_l \subseteq G_q$, provided that $|G_q| = 1$ (if any).

Thus, it is required to construct a decision rule that allows one to unambiguously determine whether expert E_l belongs to the Gr_q group.

We assume that the opinions of experts falling into the same group $E_l \subseteq Gr_q$, $l \geq 2$, are recognized as agreed; expert opinion(s) $E_l \subseteq G_q$, $|G_q| = 1$ are recognized atypical – significantly differ (conflict) from the opinions of the rest of the expert group. Provided that $s = 1$ (and, as a result, $n = r$), the opinions of the entire group $E = \{E_i | i = \overline{1, n}\}$ are recognized as agreed (consistent, one-dimensional, homogeneous). In a case of arising a significant number of small subgroups G_q (i.e., there is a tendency $q \rightarrow t$ at $r \rightarrow 1$), the further analysis is impractical. An example of the worst situation is the formation of a limit-possible number of subgroups such that $\forall G_q: |G_q| = 1$ ($q = \overline{1, n}$).

When solving this problem (under the assumption that the judgments are stable and final, that is, formed taking into account the positions of all survey participants / experts), expert judgments are aggregated separately for each of the received subgroups of experts Gr_q .

Let us consider the procedure for construction technologies for the analysis of expert assessments, taking into account the above factors. Figure 1 shows the generalized structure of the technology for the analysis of group expert assessments formed under various measurement scales.

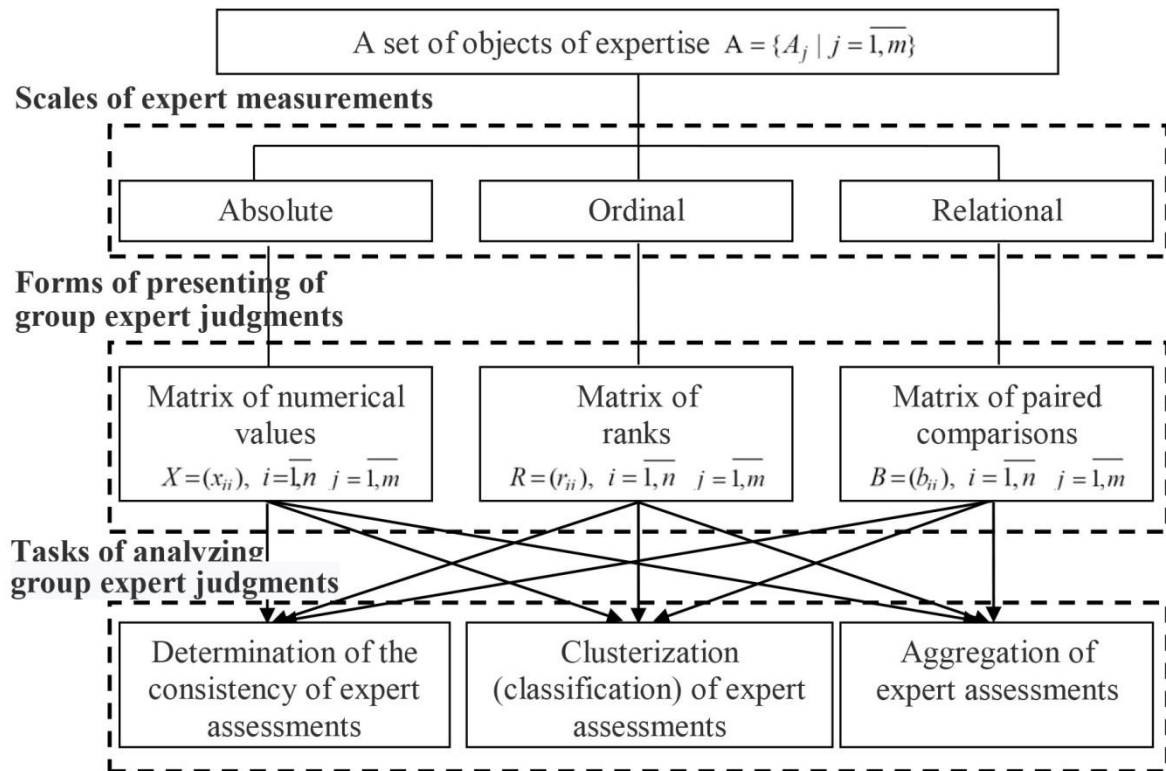


Figure 1. The structure of the technology of analysis of group expert assessments

The technology for the analysis of expert assessments formed in the framework of the absolute measurement scale.

Let us consider the procedure for constructing technologies for the analysis of expert assessments based on the absolute scale of expert measurements. An absolute scale is used, for example, to measure the number of objects, events, etc. Expert estimates obtained in such a scale are ordinary natural numbers x , that lies in given range (interval).

Let a group of experts $E = \{E_i | i = \overline{1, n}\}$, evaluating some initial set of objects of expertise (alternatives) $A = \{A_j | j = \overline{1, m}\}$, formed profiles of expert preferences $B = \{B_i | i = \overline{1, n}\}$.

The profile B_i formed by the expert E_i reflects his preferences regarding all analyzed elements of the set A . The experts expressed their preferences using a range of numbers from 0 to some given N .

A generalized analysis scheme of group expert assessments formed within the absolute scale can be represented as follows:

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} B_1 \\ \dots \\ B_i \\ \dots \\ B_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} X_1 \\ \dots \\ X_j \\ \dots \\ X_m \end{pmatrix} \Rightarrow X_{\text{rez}} \quad (3)$$

\uparrow \uparrow
 $[\pi_1]$ $[X_m]$ $[\pi_2]$

where each element x_{ij} of the matrix is an estimate by the i -th expert of the j -th object ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$); $X_j = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n\}$ is a set of group expert assessments expressed on the j -th object of expertise by all experts; X_{rez} is a generalized expert assessment; $[\pi_i]$ is a certain operator for processing group expert assessments (methods, rules, algorithms).

Consider the main principles of the technology of structuring group expert assessments, formed in the framework of the absolute measurement scale in accordance with Fig. 2.

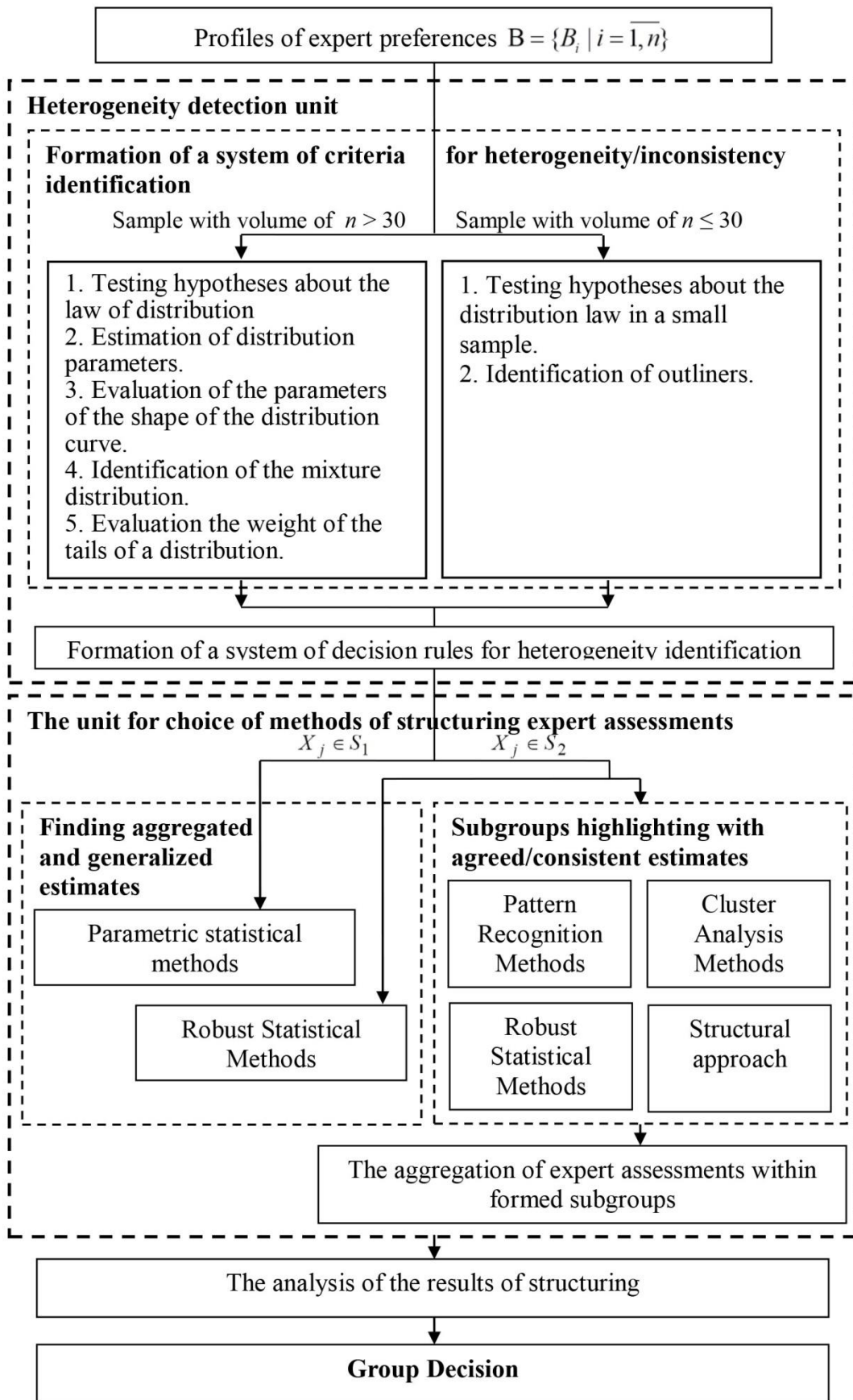


Figure 2. The generalized structure of expert assessments formed in the framework of the absolute measurement scale

The set of estimates X_j goes to the input of the inconsistency (nf_1) identification block. It is *previously necessary to* form a set of features $C_1 = \{c_j^{(1)} \mid j = \overline{1, t}\}$, which, in turn, are considered as indicators of the presence of heterogeneity (inconsistency) in the original data set.

The two main reasons for the heterogeneity (inconsistency) of the input data has been considered: the distortion of strict parametric models and the mixing of data sets. The basic principles of technology of heterogeneity identification (for a sample with a volume of $n > 30$) are shown in Fig. 3.

To confirm the fact of distortion of strict parametric models, it is proposed to use a number of features (tests), such as testing hypotheses about the distribution law, estimating distribution parameters, constructing a distribution model (estimating the weight of distribution tails, requiring unimodality of distribution, estimating the parameters of the shape of a distribution curve (asymmetry, excess), etc.).

Once the cause of the heterogeneity is established, recommendations are generated on the choice of the method of heterogeneity modeling. If the reason for the heterogeneity is the distortion of strict parametric models, it is recommended to use one of the methods of robust statistics to process such observations; if it is established that the analyzed data set is a mixture, it is recommended to use Datamining methods to identify the parameters of the mixture or its splitting into homogeneous subsets.

For samples with volume of $n \leq 30$, it is expedient to use such multilateral criteria as the Shapiro-Wilk and Epps-Pulley tests to test the hypotheses about the distribution law (to test of normality in frequentist statistics) [33, 35].

The next step is to form a system of decision rules $SR_1 = \{R_l^{(1)} \mid l = \overline{1, h}\}$ for heterogeneity identification.

Consider the following indicators of the presence of heterogeneity:

$c_1^{(1)}$ – a unimodality of distribution;

$c_2^{(1)}$ – weight of the tails of a distribution;

$c_3^{(1)}$ – a rejection of the hypothesis about agreement with the parametric family of distributions;

$c_4^{(1)}$ – a mixture of distributions;

$c_5^{(1)}$ – estimation of a distribution symmetry.

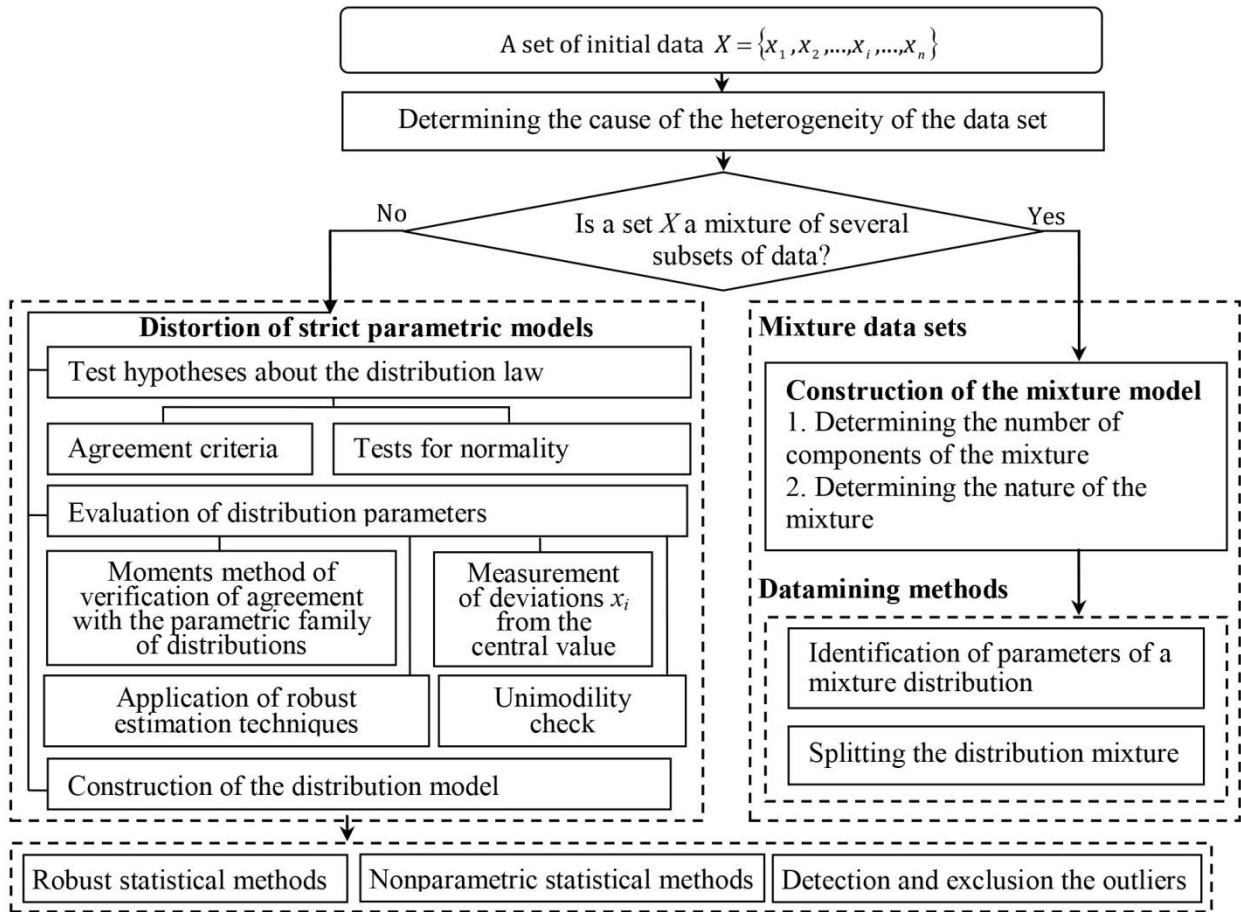


Figure 3. Technology for heterogeneity identification and modeling ($n > 30$)

Then, as examples of decision rules, the following can be cited:

$$R_1^{(1)} : \left(\text{absence of factor } c_1^{(1)}, X_j \right) \rightarrow nf_1;$$

deviation of the factor $c_1^{(1)}$ may indicate the presence of a mixture of distributions.

$$R_2^{(1)} : \left(c_2^{(1)} > 3.2, X_j \right) \rightarrow nf_1,$$

where statistics $Q = \frac{U_{(0.05)} - L_{(0.05)}}{U_{(0.5)} - L_{(0.5)}}$ were used as a criterion $c_2^{(1)}$, which characterizes

the measure of tail lengths of a distribution: $L_{(\alpha)}$ is the average of the smallest $[an]$ order statistics, $U_{(\alpha)}$ is the average of the largest $[an]$ order statistics of variation series $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(i)} \leq \dots \leq x_{(n)}$, built on the basis of the set of the initial data $X_j = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n\}$.

The value of statistics $Q > 3.2$ indicates the presence of heterogeneous data among 37.5% of the values of the smallest and largest order statistics of the variation series [37-40].

$$R_3^{(1)} : (c_4^{(1)}, X_j) \rightarrow nf_1;$$

$$R_4^{(1)} : ((c_5^{(1)} > 1.4) \wedge (\text{absence of factor } c_1^{(1)}), X_j) \rightarrow nf_1,$$

where statistics $HeQ_1 = \frac{U_{(0.05)} - M(0.5)}{M(0.5) - L_{(0.05)}}$ were used as a criterion $c_5^{(1)}$; $M(\alpha)$ is the average of $[an]$ central values of the analyzed variation series. The value of statistics $HeQ_1 > 1.4$ indicates the presence of right-side asymmetry [39-41].

On the basis of the formed decision rules $R_l^{(1)}$, a rule for selection the heterogeneity modeling method can be constructed:

$$X_j \in \begin{cases} S_1, & \text{if } \forall l : R_l^{(1)} \rightarrow \text{absence of } nf_1; \\ S_2, & \text{if } \exists l : R_l^{(1)} \rightarrow nf_1; \end{cases}$$

where S_1 is the parametric distribution; S_2 is a distorted parametric distribution.

If $X_j \in S_1$, then the assumption of homogeneity is accepted and parametric statistics methods are recommended for solving the problem of finding a generalized estimate. If the population $X_j = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n\}$ is represented by homogeneous and normally distributed values, then the usual arithmetic mean can be used as \bar{X}_j estimate.

If $X \in S_2$, then it was revealed that heterogeneity occurs in the analyzed set of expert assessments, which indicates the presence of several subgroups of experts with similar estimates, or the presence of so-called dissident experts (one or more experts with estimates significantly different from the assessments of the main group).

As a result of this, two tasks arise:

1. identification and exclusion of sharply distinguished observations (outliers);
2. partitioning (clustering) of the initial set of expert assessments into subgroups with a similar opinion.

To solve the first of them, robust statistics methods can be applied, for example, to calculate a generalized estimate, the estimate of the trimmed mean, median, quartile, etc. can be used.

To solve the second task, pattern recognition, robust statistical, cluster analysis methods, or a structural approach can be used. An approach based on adaptive robust statistical procedures is applied [42]. These procedures underlie the formation of decision clustering rules so that:

$$x_i \in \begin{cases} \{G_1\}, \text{if } x_i \leq p_1; \\ \{G_2\}, \text{if } p_1 < x_i \leq p_2; \\ \dots\dots\dots \\ \{G_s\}, \text{if } p_{s-1} < x_i \leq p_s; \end{cases} \quad (4)$$

where p_1, p_2, \dots, p_n are threshold values equal to certain x_i values.

The use of adaptive robust assessments allows not only to identify groups of experts with agreed assessments, but also to receive an aggregated resulting assessment [38, 40, 43, 44]:

$$X_{rez} = \begin{cases} T(\alpha_1), \text{if } stat < k_1; \\ \dots\dots\dots; \\ T(\alpha_i), \text{if } k_{i-1} \leq stat \leq k_i; \\ \dots\dots\dots; \\ T(\alpha_z), \text{if } k_{z-1} < stat; \end{cases} \quad (5)$$

where $T(\alpha_i)$ is the trimmed mean [37, 33, 35]; *stat* is a sample statistics (excess, asymmetry, measure of tail lengths, etc.) used in adaptive robust procedure; k_i is a value of thresholds equal to certain values of *stat*.

The technology for the analysis of expert assessments in a form of paired-comparisons formed in the framework of the on ordinal measurement scale.

This scale reflects the relations of properties of objects, i.e. how many times the property of one object exceeds the same property of another object. There are two types of relations in this scale: preference (\succ or \prec) and equivalence (\sim). The *pairwise comparisons* (i.e., binary relations) between *objects is a* widespread *procedure*, for performing expert measurements in this scale. Methods based on pairwise comparison procedures allow to assess the significance of one object in relation to another, within a given scale of preferences. If, for example, there are two objects O_1 and O_2 , then in pairwise comparison of these objects only three variants of the result are possible: O_1 is better than O_2 ($O_1 \succ O_2$), O_1 is worse than O_2 ($O_1 \prec O_2$), O_1 and O_2 are equivalent ($O_1 \sim O_2$).

Let a group of experts $E = \{E_i \mid i = \overline{1, n}\}$, evaluating some initial set of objects of expertise (alternatives) $A = \{A_j \mid j = \overline{1, m}\}$, formed profiles of expert preferences $B = \{B_i \mid i = \overline{1, n}\}$.

The profile B_i formed by the expert E_i reflects his preferences regarding all analyzed elements of the set A. The experts expressed their preferences within the framework of a given *relative importance*, for example, the *Saaty's nine-point ratio scale* [46].

The profile B_i formed by the expert E_i reflects its advantages and presents its estimates in the form of an inverse symmetric matrix in respect to a main diagonal:

acceptable if $CR \leq 0.10$. In addition, a check for transitivity can be performed: if $w_1 \succ w_2$, $w_2 \succ w_i$, $w_i \succ w_m$ than $w_1 \succ w_m$; if $w_1 \sim w_2$, $w_2 \sim w_i$, $w_i \sim w_m$ than $w_1 \sim w_m$; if $w_1 \succ w_2$, $w_2 \sim w_i$, $w_i \succ w_m$ than $w_1 \succ w_m$. If b_{ij} is represented by a triangular fuzzy number $b_{ij} = (b_{ij}^1, b_{ij}^2, b_{ij}^3)$ ($b_{ij}^1 < b_{ij}^2 < b_{ij}^3$), $b_{ji} = [1/b_{ij}^3, 1/b_{ij}^2, 1/b_{ij}^1]$, or trapezoidal fuzzy number $b_{ij} = (b_{ij}^1, b_{ij}^2, b_{ij}^3, b_{ij}^4)$ ($b_{ij}^1 < b_{ij}^2 < b_{ij}^3 < b_{ij}^4$), $b_{ji} = [1/b_{ij}^4, 1/b_{ij}^3, 1/b_{ij}^2, 1/b_{ij}^1]$, then as a result of the pairwise comparison procedure, a fuzzy matrix of pairwise comparisons of the form (6) is formed.

Checking the consistency of the elements of a fuzzy pairwise comparison matrix whose elements are represented by triangular fuzzy numbers (TNF), can be performed according to the following scheme [47, 48]:

$$CCI = \frac{2}{(m-1)(m-2)} \sum_{i < j} \left(\log \left(\frac{b_{ij}^1 + b_{ij}^2 + b_{ij}^3}{3} \right) - \log \left(\frac{w_i^1 + w_i^2 + w_i^3}{w_j^1 + w_j^2 + w_j^3} \right) \right)^2, \quad (9)$$

where $b_{ij} = (b_{ij}^1, b_{ij}^2, b_{ij}^3)$; $w_j = (w_j^1, w_j^2, w_j^3)$ is a **local priority vector**; m is a dimension of a matrix.

If $CCI = 0$, the matrix (6) is considered perfectly consistent. For a matrix of order $m=3$ the threshold values are $CCI=0.3147$, for $m=4$ $CCI=0.3526$, for $m>4$ $CCI=0.370$.

To obtain the values of the local priority vector in the fuzzy pairwise comparison matrix represented by the TNF, the methods proposed in [49, 50] can be used.

If b_{ij} is represented by an interval number, then as a result of the pairwise comparisons procedure the interval pairwise comparison matrix (IPCM) of the form of Eq. (6) is formed, where $b_{ij} = [b_{ij}^1, b_{ij}^2]$ ($b_{ij}^1 < b_{ij} < b_{ij}^2 < 0$), $b_{ji} = [1/b_{ij}^2, 1/b_{ij}^1]$, $b_{ii} = b_{ii}^1 = b_{ii}^2 = 1$.

IPCM is consistent if the following valid area is not empty [51]:

$$S = \left\{ w = (w_1, w_2, \dots, w_m) \mid b_{ij}^1 \leq w_i / w_j \leq b_{ij}^2, \sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i > 0 \right\}. \quad (10)$$

IPCM is consistent if its elements satisfy the inequalities [52]:

$$\max_k (b_{ik}^1, b_{kj}^1) \leq \min_k (b_{ik}^2, b_{kj}^2) \text{ for } \forall (i, j, k) = \overline{1, m}. \quad (11)$$

To obtain the values of *local priority vector* of IPCM, currently widely used: the goal programming method GPM (LGPPM) [53], the method of lower and upper approximations (LUAM) [54], two-stage logarithmic goal programming method TSLGP [51].

The considered methods, which are based on pairwise comparison procedures, are not without a number of drawbacks such as: with the increase of the number of elements being compared in pairs ($m \geq 6$), it is often difficult to achieve a high level of consistency of local priorities; for large n , it is necessary to construct a large number of inverse symmetric matrices; the strict requirement of evaluating all elements of the set of source data (alternatives); methods using individual *expert judgments* made in traditional *crisp* scales work only with strict estimates of alternatives and do not allow uncertainties in the judgments of experts or decision makers (when constructing matrices of pairwise comparisons, an expert is not allowed to answer “I don’t know” or “I am not sure”).

One of the solutions to these problems is the use of modern methods for managing uncertainties that have appeared recently. Such approaches include the methods of the *Dempster-Shafer theory* (evidence theory, DST) and the Dezert-Smarandache theory (theory of plausible and paradoxical reasoning, DSMT) [55-60].

The approaches of pairwise comparison matrices construction, which are based on elements of DST and DSMT, allow to build the incomplete pairwise comparison matrices [56, 61, 62]. The peculiarity of these methods is that experts, both at the level of criteria (in the case of solving a multicriteria decision-making problem) and at the level of alternatives, are exempted from performing many pairwise comparisons and select the most preferred objects (groups of objects). Moreover, the expert himself determines for which objects (alternatives) or groups of objects he can express his preferences. A

distinctive feature of these approaches is that when constructing matrices of pairwise comparisons using the mathematical apparatus of the evidence theory, two strict restrictions are imposed on the set of source data / hypotheses (frame of discernment): the limitation of mutual exclusivity and the limitation of mutual exhaustibility of elements of the frame of discernment. The mathematical apparatus of the Dezert-Smarandache theory imposes only one restriction on the set of source data – the restriction of mutual exhaustibility of elements of the frame of discernment.

Thus formed by the expert E_i profile B_i reflects its advantages and presents its estimates in the form of $(d + 1) \times (d + 1)$ inversely symmetric matrix [56, 61]:

$$B_j = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & b_1 \\ 0 & 1 & \dots & \vdots & b_2 \\ \dots & \vdots & \ddots & 0 & \\ 0 & \dots & 0 & 1 & b_d \\ 1/b_1 & 1/b_1 & \dots & 1/b_d & 1 \end{pmatrix} \quad (12)$$

where $b_i = 1/b_i, \forall i = \overline{1, d}$; b_i is an expert judgments of the selected group of alternatives $Y \subseteq A$ over the whole set of alternatives A , formed within a given type of scale; d is the number of subsets $Y \subseteq A$ formed by the expert E_j .

To obtain the values of local priority vector of incomplete pairwise comparison matrices (12), constructed within the notation of evidence theory, the method proposed in [56, 61] is used:

$$w_j = \frac{b_j}{\sum_{i=1}^d b_i + \sqrt{d}}; \quad w_{d+1} = \frac{\sqrt{d}}{\sum_{i=1}^d b_i + \sqrt{d}}. \quad (13)$$

To obtain the values of local priority vector of incomplete pairwise comparison matrices, constructed within the notation of the Dezert-Smarandache theory, the method proposed in [62] is used. The consistency of the elements of the matrix (12) is not checked. The consistency of expert assessments can be assessed only at the stage of determining aggregate assessments (by combining operations), analyzing the value of the coefficient of conflict. Consider the main principles of the technology of

structuring group expert assessments in the form of pairwise comparisons formed in the framework of the on ordinal measurement scale in accordance with Fig. 4.

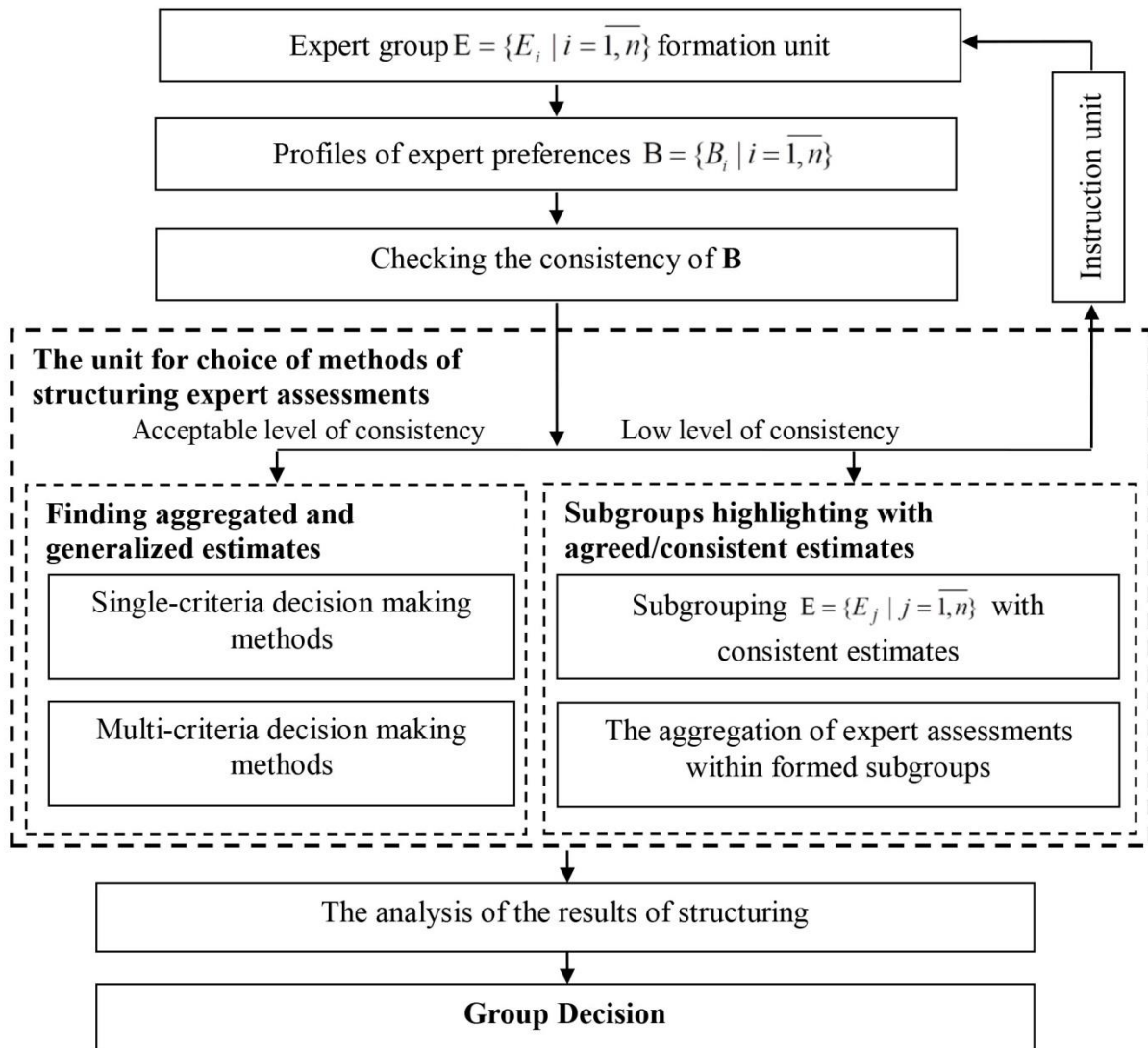


Figure 4. The generalized structure of expert assessments in a form of paired-comparisons formed in the framework of the on ordinal measurement scale

The formed expert judgments $B = \{B_i | i = \overline{1, n}\}$ enter the consistency assessment unit. Next, the choice of the consistency checking method is made, which largely depends on the form of presentation of expert information, the chosen measurement scale, etc. In general, the scheme for checking a set of individual expert assessments for consistency is shown in Fig. 5

Upon reaching an acceptable level of consistency, it is recommended to use single or multi-criteria decision analysis methods to obtain a generalized assessment [63]. The algorithm for choosing decision support methods is shown in Fig. 6

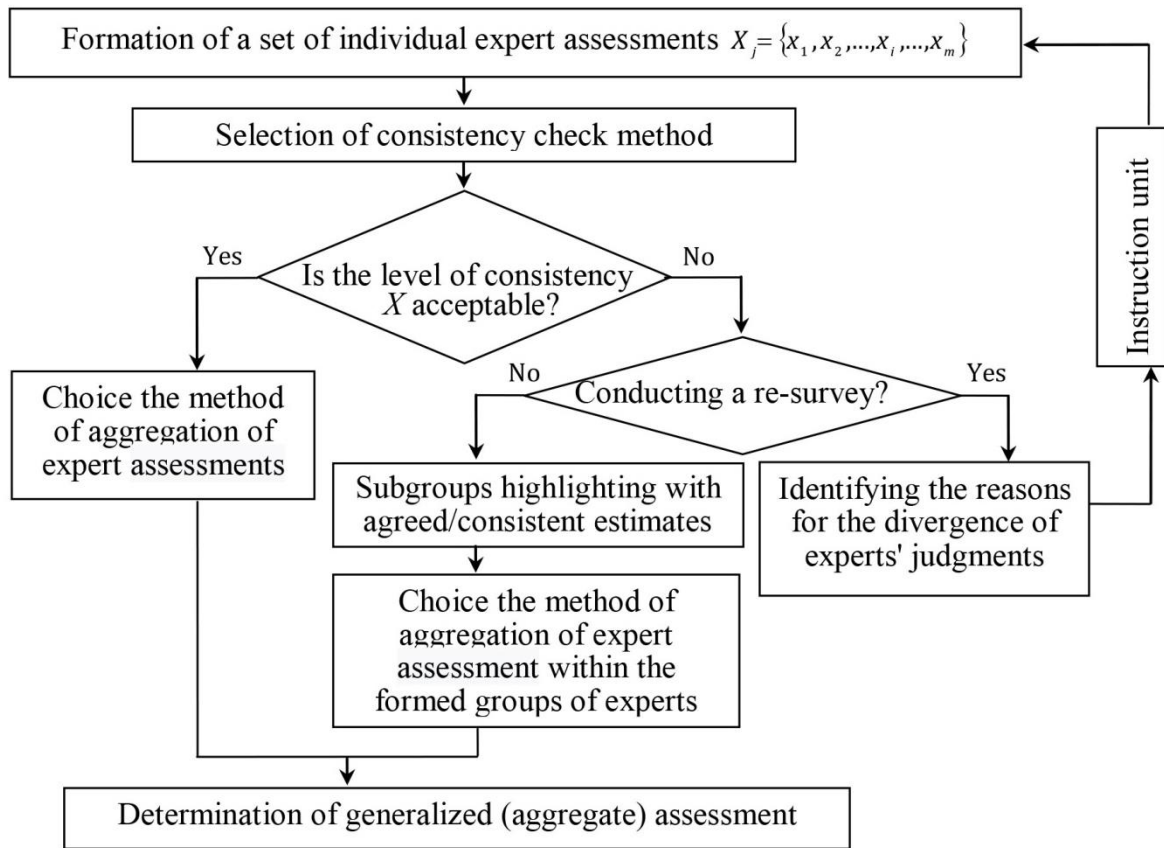


Figure 5. The algorithm for consistency of expert assessments checking

If the analysis reveals that the overall consistency of expert assessments is low (indicating in such way the presence in the expert group of experts whose assessments are somewhat different from the assessments of the main group), then arises the task of dividing the expert group into several subgroups (clusters) of experts with relatives (agreed, consistent) estimates for further analysis and searching for an aggregate estimate. To solve this problem, it is advisable to use various metrics, distances to highlight subgroups of experts with "close opinions", or use an evidence-theory-based methods to obtain a generalized estimate, for example, the DS-AHP approach [56, 61], or an evidence-theory-based methods to obtain a

generalized estimate, for example, the DS_mT based method –AHP, for example, the DS_mT-AHP approach [62].

In case of refusal of the procedure of dividing the original set of expert assessments, the reasons for the dispersion of experts’ opinions are identified and the decision to conduct a re-survey is made. In this situation, changes (adjustments) may be made to the survey instructions, the composition of the expert commission may be changed, etc.

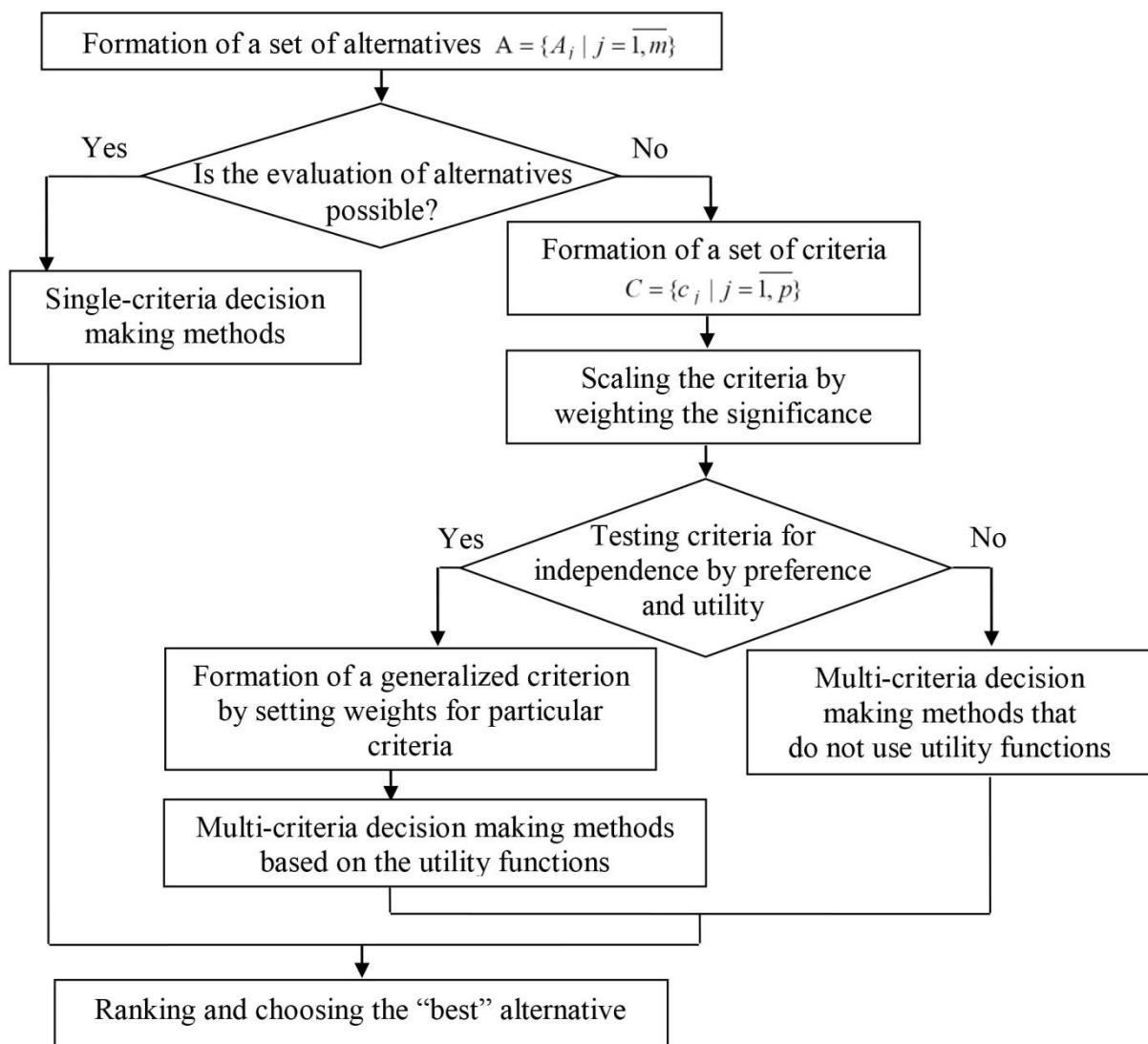


Figure 6. Algorithm for decision-making methods selection

The technology for the analysis of expert assessments in the form of rank orderings formed in the framework of the on ordinal measurement scale.

An ordinal scale (ordinal, rank, preference) is used to measure the ordering (ranking) of objects by one or a combination of signs [31, 64, 65]. Rankings are formed using the ranks (numbers of the analyzed object in an ordered series). Numbers in the ordinal scale are used to establish order between objects using two types of relations: equivalence (\sim) and preference (\succ).

Let a group of experts $E = \{E_i \mid i = \overline{1, n}\}$ evaluate some initial set of objects of expertise (alternatives) $A = \{A_j \mid j = \overline{1, m}\}$. As a result of the expert survey, a set of individual expert assessments is formed $X = \{X_i \mid i = \overline{1, n}\}$, $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_m\}$, where x_k expresses the expert E_i point score relative to the object A_k , or the expert E_i forms an individual ranking (ordering) $R_i = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ of objects $A = \{A_j \mid j = \overline{1, m}\}$:

- strict ordering $R_i: r_1 \succ r_2 \succ \dots \succ r_j \succ \dots \succ r_m$;
- weak ordering $R_i: r_1 \succ r_2 \succ (r_3 \sim r_4 \sim r_5) \succ \dots \succ r_j \succ \dots \succ r_m$.

The set X_i can be reduced to form of R_i by constructing the variational series $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(i)} \leq \dots \leq x_{(m)}$ and obtaining the corresponding ranks of the objects $A = \{A_j \mid j = \overline{1, m}\}$. As a result of this procedure, profiles of expert preferences $B = \{B_i \mid i = \overline{1, n}\}$ are formed. The profile B_i formed by the expert E_i reflects his preferences (expressed using ranks) regarding all analyzed elements of the set A.

A generalized analysis scheme of group expert assessments formed within the ordinal scale can be represented as follows:

$$B = \begin{pmatrix} B_1 \\ \dots \\ B_i \\ \dots \\ B_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \begin{matrix} \Rightarrow \\ \uparrow \\ [\pi_1] \end{matrix} \begin{pmatrix} \overline{R}_1 \\ \dots \\ \overline{R}_j \\ \dots \\ \overline{R}_m \end{pmatrix} \begin{matrix} \Rightarrow \\ \uparrow \\ [\pi_2] \end{matrix} R_{rez} \quad (14)$$

where each element r_{ij} is rank formed by the i -th expert of the j -th object ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$); \overline{R}_j is an average of ranks of the j -th column (reflecting averaged rating of all experts regarding the j -th object of expertise), characterizing the proximity (similarity) of ranks r_{ij} ; $R_{rez.}$ is a generalized ranking of matrix elements; $[\pi_i]$ is a certain operator for processing group expert assessments (methods, rules, algorithms).

Consider the main principles of the technology of structuring group expert assessments, formed in the framework of the ordinal measurement scale in accordance with Fig. 7.

The set of estimates X_j enter the heterogeneity (consistency) identification unit. In this case, the heterogeneity can be interpreted as inconsistency, and as a sign of heterogeneity, can be used the assessment of the degree of expert consistency for each object individually and for the whole set $A = \{A_i | i = \overline{1, m}\}$ as a whole.

For this purpose, it is recommended to use two methods for assessing the consistency of expert opinions: Spearman's rank correlation coefficient and Kendall's coefficient of concordance. Spearman's rank correlation coefficient should be used to verify the consistency of expert estimates of two experts if these estimates are not numbers. If the examination is carried out by more than two experts, and they can only determine the ranks of objects, then the consistency of their estimates is determined using the Kendall's coefficient of concordance (W). It is advisable to perform a transitivity test as an additional test.

If the task of the consistency checks on expert assessments is solved positively, then the next problem of finding an aggregated (generalized) expert assessment can be solved.

According to the recommendations of [31, 64-66] the set of estimates \overline{R}_j , ($j = 1, \dots, m$) can be obtained in two next ways:

– the average *ranks method*:

$$\bar{R}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i. \quad (15)$$

– the median ranks method:

$$\bar{R}_j(\text{med}) = \begin{cases} r_{(n+1)/2}, & \text{if } n \text{ is even;} \\ [r_{(n/2)} + r_{(1+n/2)}] / 2, & \text{if } n \text{ is odd.} \end{cases} \quad (16)$$

The paper [31, 64, 65] recommended the integrated application of these procedures.

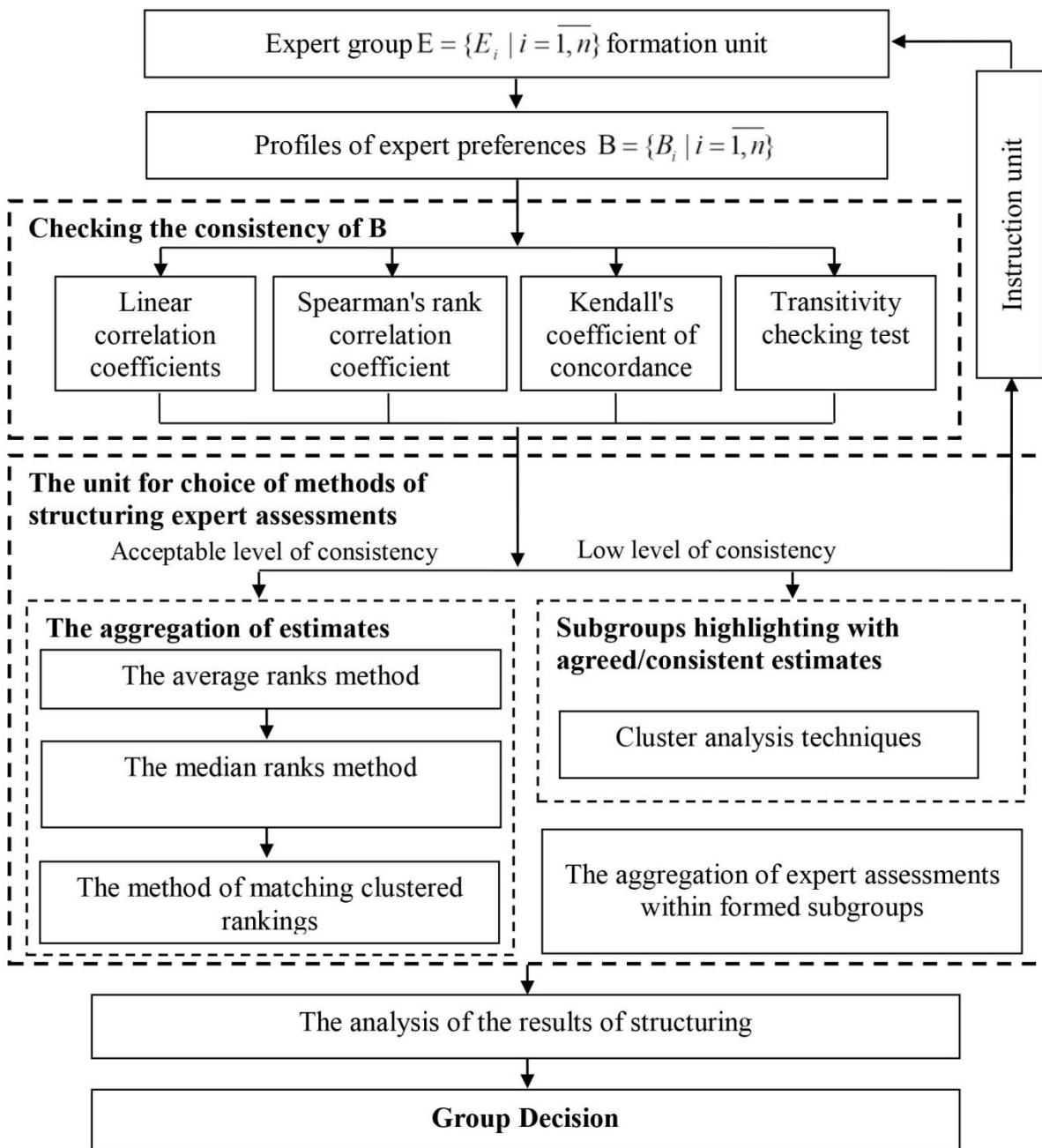


Figure 7. The generalized structure of expert assessments in a form of rank orderings formed in the framework of the on ordinal measurement scale

Ultimately, $R_{rez.}$ can be represented by two types of rankings: strict and weak ordering. The *relations* of *quasi-order* indicate the presence of clusters (groups) of estimates within which objects are recognized equivalent.

If there are k weak order rankings ($k > 1$), for example, based on the use of several alternative approaches to processing the expert *assessments*, it is recommended to use the method of matching clustered rankings given in [31, 64-66] to obtain the final ranking of objects, which allows to obtain a clustered ranking consistent with all source clustered rankings. Such an approach may use, for example, *calculation of Kemeny median* [67].

Let $R_{rez.1}, R_{rez.2}, R_{rez.3}, \dots, R_{rez.k}$ are formed, then the expression for determining the Kemeny median has the form:

$$Arg \min_{R_{rez.}} \sum_{i=1}^k D(R_{rez.i}, R_{rez.}), \quad (17)$$

where $Arg \min$ is some value of $R_{rez.}$, under which the indicated sum of Kemeny distances (proximity measures) D from the rankings $R_{rez.i}$ to the current ranking $R_{rez.}$ (on which minimization is carried out) reaches a minimum.

Thus:

$$\sum_{i=1}^k D(R_{rez.i}, R_{rez.}) = D(R_{rez.1}, R_{rez.}) + D(R_{rez.2}, R_{rez.}) + \dots + D(R_{rez.k}, R_{rez.}). \quad (18)$$

It should be noted that, in computational terms, the Kemeny median is a rather complicated procedure. At the same time, it allows to get the only correct resulting ranking.

If the analysis reveals that the overall consistency of expert assessments is low, this leads to the task of clustering a group of experts into subgroups with “close”

(agreed, consistent) opinions. To solve this problem, provided that the expert assessments are expressed in points, it is advisable to use adaptive robust assessments [38, 40, 43, 44]; if expert estimates are presented in the form of individual rankings, it is advisable to solve the clustering problem using metrics or other indicators of difference / distance (distance between objects, measures of proximity, similarity, difference, etc.) [68]. Moreover, for any given partition of objects into groups and any number $\alpha > 0$, it can be specified a metric such that the distances between objects from one group are less than α , and between objects from different groups more than $1 / \alpha$ [69].

The research shows that at the present stage of development of the expert judgment theory, which is characterized by the presence of many methods for their preparation and analysis, we can talk about the formulation and solution of problems aimed at systematizing and unifying such methods. This creates the basis for building integrated information technologies based on a common type of tasks for analyzing group expert assessments, expert measurement scales, mathematical methods for processing expert assessments, forms for presenting expert assessments, and other factors. Such an approach will allow the creation of universal software for decision support systems in various subject areas.

SECTION 4 CONSTRUCTION

4.1 the principle of design and construction of an individual eco-house, as a warehouse ecopolis system

Серед численних аспектів формування архітектурного середовища в умовах стійкого розвитку міста особливе значення набуває питання його взаємодії з природними середовищем. Негативний мікроклімат у багатьох промислових містах характеризується різким погіршенням температурно-вологісного режиму, насиченням повітря хімічними і механічними домішками, що створює дискомфортні "кризові зони" [70].

Головна ціль проектування та будівництва житлового середовища – досягнення максимального комфорту для побутової діяльності людини в межах економічних можливостей. Комфорт та гармонізація житлового середовища досягається певним рівнем якості житла за функціональними, екологічними та естетичними характеристиками [71].

З'являються нові підходи і засоби вдосконалення формування міського середовища. Одним з таких засобів є екоархітектура [72]. Вироблені основні містобудівні напрямки екоархітектури: стале нове будівництво; екологізація урбанізованих територій (стійка реконструкція місць розселення, будівель та інженерних споруд, щодозволяє створити принципово нові біопозитивні об'єкти, родинні природі, які не будуть відторгатися природою і включаться в природні екосистеми). Природа буде сприймати біопозитивні об'єкти (будівлі, споруди, поселення) як природні об'єкти, що поступово приведе до досягнення стійкості, відновленню порушеної рівноваги і припинення відступу природи під антропогенним тиском людини.

Як правило, на межі між містом і природним середовищем, виникає широкий пояс індивідуальної житлової забудови. Саме тут починається процес поглинання екосистеми антропогенною тканиною міста.

Сучасний екологічно чистий індивідуальний житловий будинок - складний штучно створений організм, що функціонує самостійно, в якому протікають складні процеси обміну речовин і енергії. Являє собою захисну оболонку, забезпечує людині комфортне й здорове середовище життєдіяльності, та, будучи частиною екосистеми, не порушує стійкість середовища.

Житловий будинок не може розглядатися у відриві від житлового середовища, будучи одним з її первинних елементів, що утворюють житлові комплекси. Комплекс екологічного житла - в ідеалі екопоселення, представляє собою приклад стійкого розвитку, що базується на еволюції природних процесів. Це явище дуже важливе, а саме дає можливість взаємодіяти з навколишнім середовищем, що представляє собою вічний, живий організм, та забезпечує комфортні соціальні, побутові, культурні та психологічні умови.

В результаті аналізу світового досвіду визначено основні вимоги до екологічного індивідуального житла: екологічність, комфортність та економічність, а також основні фактори, що формують специфіку екологічного житлового будинку:

- природно-кліматичні фактори враховують температурно-вологісний режим, вітровий режим, водні ресурси, рельєф місцевості, характер рослинності;

- ландшафтно-екологічні фактори спрямовані на раціональне використання природних елементів, створення екологічної рівноваги між природними та антропогенними елементами;

- соціально-економічні чинники враховують розвиток і потреби суспільства, матеріально-технічні можливості;

- інженерно-технічні фактори впливають на вибір оптимальних технологій і обладнання, створення комфортного біопозитивного середовища;

- архітектурно-етнічні фактори враховують закономірності формування етнопространства, в результаті життєдіяльності певного місцевого співтовариства, у певних природних умовах;

- естетичні – архітектурно-художні параметри житлового середовища, що забезпечують єдність з навколишнім простором.

Облік окремо взятого фактора не забезпечує повної екології, комфорту і ресурсозбереження житлового середовища, тому потрібна комплексна системна оцінка факторів місцевості [73].

На основі аналізу комплексу факторів і вимог, що пред'являються до екологічної оселі, сформульовані основні принципи архітектурної організації, будівництва екологічно чистих житлових будівель і прийоми їх реалізації:

- принцип оптимальності планувального рішення, специфіка якого для екологічного дома укладається відповідно площі об'єкта потребам жителів, її функціональному призначенню, комфорту та сучасності житла, в тому числі за рахунок гнучкості планувального рішення, забезпечення позитивних і зменшення негативних впливів кліматичних умов місцевості архітектурними засобами;

- принцип раціональності архітектурної форми екологічного житла, яка сприяє збереженню тепла за рахунок компактного рішення об'єму будинку, скорочення площі огорожувальних конструкцій, аеродинамічності форми (обтічності вітровими потоками), використання біоморфних форм;

- принцип збільшення якості мікрокліматичних умов у приміщеннях як один з основних показників комфортних умов житлового середовища. Прийомами по поліпшенню якості повітряного середовища є:

- створення достатнього повітряного обсягу в розрахунку на одну особу, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам;

- достатній повітрообмін з системами рекуперації та вентиляції;

- очищення вхідного повітря;

- органічне включення елементів озеленення в об'ємно-просторове рішення;

- принцип всебічного теплозбереження, спрямований, насамперед, на зниження витрат на опалення. В цілях реалізації даного принципу пропонується застосовувати такі архітектурні прийоми:

- зонування приміщення з урахуванням тепловиделення - розміщення приміщень з високим тепловим режимом в центрі будинку;

- розміщення теплового ядра в центрі житлового будинку (печі, каміни);

- багат шарова оболонка будівлі з створенням буферних зон (зимові сади, веранди

- горища, цокольні поверхи, засклені об'єми);

- використання рельєфу при виборі типу будівлі (заглиблені, обваловані тощо);

- створення озелених фасадів, плоских і скатних покрівель;

- зниження теплових втрат конструктивними і інженерними рішеннями.

- принцип системної енергоефективності екологічно чистих житлових будинків, реалізується шляхом використання даних прийомів:

- застосування пристроїв і систем, що акумулюють тепло, вироблене в будівлі і тепло, що отримується від сонячної радіації;

- використання системи збору води з зберіганням у підземних резервуарах або структурі будівлі;

- застосування систем альтернативної енергетики, що дозволяє знизити витрати на енергопостачання будинку і значний негативний вплив на навколишнє середовище. Найбільш доцільне використання енергосистем низько потенційного тепла землі, вітру, сезонне застосування сонячної енергії;

- принцип максимальної біопозитивності житлового середовища, що включає в себе переробку відходів життєдіяльності в біологічно сумісні речовини, безпеку і нешкідливість будівельних матеріалів, як для людини, так і для навколишнього середовища на протязі всього терміну будівництва, експлуатації та утилізації;

- принцип забезпечення якості візуального середовища в архітектурі будівель, що полягає в співмасштабності людині будівель, елементів і деталей,

виключення агресивних і гомогенних полів у фасадах і інтер'єрах будівель, використання біонічних (природоподібних) форм, встановлення візуальних зв'язків фасадів та інтер'єрів з природним оточенням, застосування озеленення житлового будинку, яке дозволяє компенсувати дискомфорт природного оточення в холодний період року, і т.п.

Дані принципи формування індивідуальної житлової забудови, яка розглядає будівлю як частину екосистеми, формують подвійну задачу, в якій повинні виконуватися обидві умови - створення сприятливого середовища для життєдіяльності людини і забезпечення сталого розвитку житлового середовища.

Використання даних принципів, з урахуванням визначених факторів, буде сприяти розвитку екоконцепцій в проектуванні та будівництві індивідуального житла, що в свою чергу, скоротить антропогенний вплив на навколишнє середовище. Комплексне розуміння структури екоархітектури, систематизовані відомості, в тому числі і принципи, які розширюють можливості грамотно застосовувати на практиці заходи для досягнення екологічної доцільності, яка характеризує відповідні кошти при проектуванні і будівництві, що допомагають досягти збереження цілісності навколишнього середовища.

4.2 Classification methods of civil buildings reconstruction

Reconstruction of buildings and facilities is an integral part of modern capital construction both in Ukraine and abroad [74, 75]. Often there is a need of strengthening load-bearing constructions when carrying out reconstruction measures.

At the same time, the growth of housing and industrial production can be achieved, largely due to the maximum and efficient use of existing building areas, especially in densely populated regions of the country. But any reconstruction is accompanied, as a rule, by change of loadings on building constructions and change of their primary constructive schemes that leads, in turn, to necessity of increase load-bearing capacity of constructions and, consequently, their strengthening.

The need to strengthen building constructions during operation arises not only during the reconstruction, but also due to their premature wear of structures as a result of unforeseen changes in the initial functioning of the premises, various damages, etc.

Since reinforced concrete constructions predominate among building structures that have been used for many years in industrial and civil engineering. The generalization and analysis of existing proposals for the design and application of effective strengthening methods of such constructions and their appropriate systematization are of great economic importance.

It should also be taken into account that almost 90% of the territory of Ukraine is under the influence of complex engineering and geological conditions of construction [76], including about 70% of the territory is occupied by loess sedimentary soils. Construction and operation of buildings on such soils are accompanied by the appearance and development of significant and even accidental deformations in the responsible load-bearing structures. The deformability of buildings increases sharply during their watering.

Classification methods of strengthening reinforced concrete constructions of buildings and structures

Strengthening is accompanied by quite costly and labor-intensive measures. In some cases, it is possible to ensure further reliable operation of building structures *without strengthening by changing the conditions of their work* – reducing the constant and temporary load; reducing the load capacity of cranes or limiting their approach; vibration reduction by applying effective vibration isolation, etc.

In other cases, when it is impossible to ensure reliable operation of structures, to restore the design performance, as well as to increase them, the strengthening of load-bearing constructions is performed [77, 78]. Depending on the purpose of the reconstruction, the calculation of strengthening is carried out under the conditions of durability, crack resistance and rigidity [77].

The choice of the most rational method of amplification is carried out after a stage of check calculations thanks to which the most probable scheme of destruction

is established. In relation to the strengthening of reinforced concrete structures, in the general case, the destruction of bending, eccentrically (or centrally) compressed and stretched constructions occurs by [78]:

- stretched zone;
- compressed zone;
- in the cut area from the action of transverse forces;
- spatial cross sections from the action of torque;
- local pushing, tearing or crumpling.

After analyzing all possible cases of reinforced concrete structures destruction [77, 78], we can conclude that the weakest part of the structure needs to be strengthened. It is known methods of strengthening reinforced concrete structures, which are classified according to the appropriate scheme of destruction, fig. 1 and depending on the specific operating conditions.

Strengthening of reinforced concrete structures in *the compressed zone* is carried out by increasing the cross-section and arranging the increase of the cross-section, holders, installation of additional reinforcement in the compressed zone and limiting the transverse deformations.

Strengthening of structures in *the stretched zone* is carried out by increasing the cross-sectional area of the working reinforcement, the installation of additional reinforcement to ensure its joint work with the structure that needs strengthening.

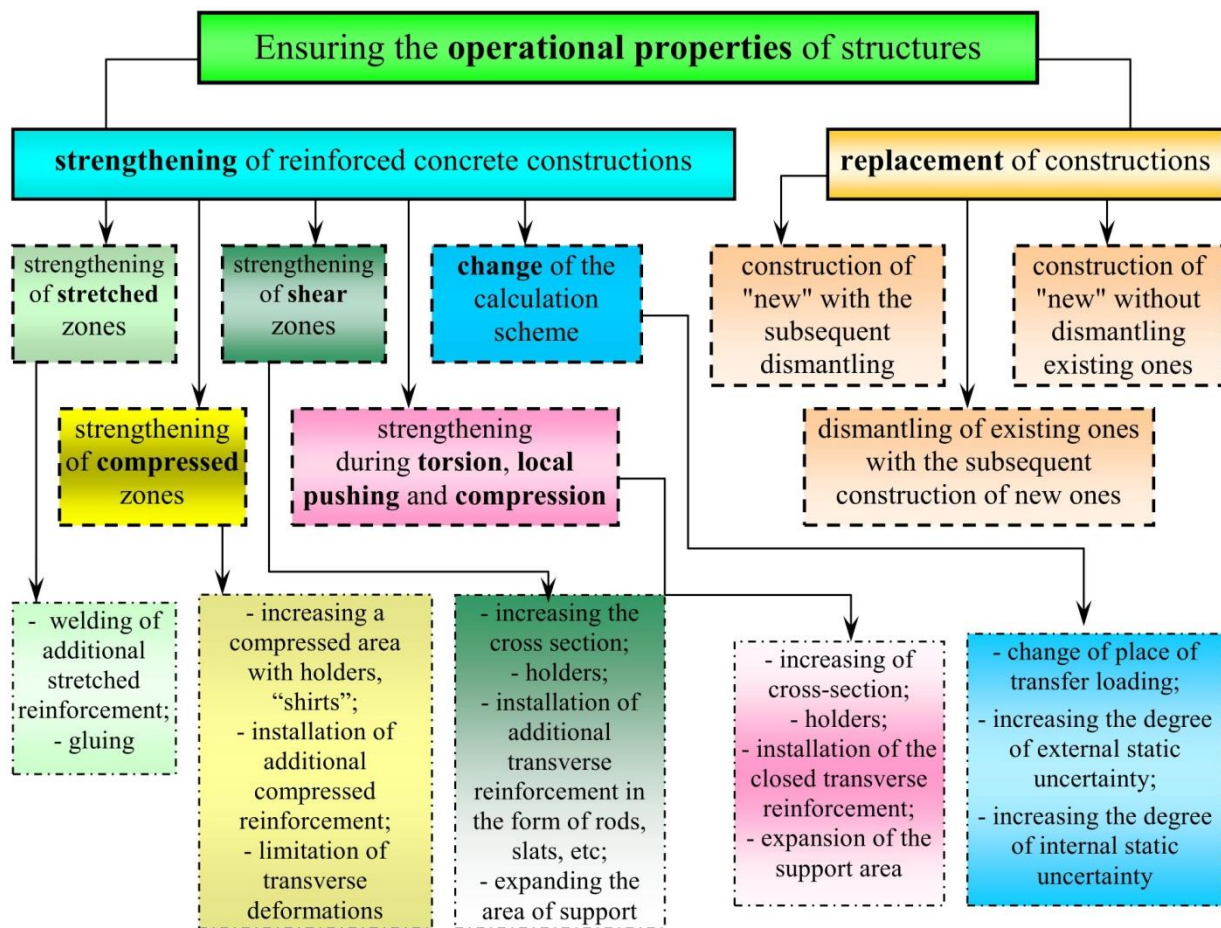


Figure 1. Classification scheme of strengthening methods of reinforced concrete constructions

Strengthening of reinforced concrete structures in *the shear area* on the perception of transverse forces is carried out by increasing the size of the cross-section of the structures, the installation of additional transverse reinforcement in the cut area to ensure joint work with the structure.

Strengthening of structures to the perception of torque (and / or together with the bending moment) is performed by increasing the cross-section of the element, its reinforcement, as well as the installation of additional steel holders, sleeves, etc.

Strengthening of structures under *local compression* and *punching* is carried out by expanding the area of support.

In case of possible destruction of reinforced concrete structures in two or more zones, as well as in case of impossibility to achieve the required degree of strength

increase by strengthening only one zone, *combined strengthening* (two or more areas) of constructions is used.

A separate group identified methods of strengthening, which *change the initial calculation scheme of structures*: change the area of load transfer to the construction; increasing the degree of external static uncertainty by introducing additional links; increasing the degree of internal static uncertainty by the device of puffs, struts, springs, articulated rod. These methods can effectively increase the durability of reinforced concrete constructions, but usually reduce the building volume and dimensions of the premises.

At strengthening for effective inclusion in joint work of additional elements it is necessary to unload as much as possible constructions. If the strengthening of reinforced concrete structures in order to increase their durability, rigidity and crack resistance is carried out under load, all of the above groups of strengthening methods are effectively performed with prestressing of additional elements or connections.

Damaged reinforced concrete constructions (with the destruction cross-section of more than 50% in the compressed zone or 50% of the area of the working reinforcement) it is advisable to replace with new ones in most cases. Replacement of reinforced concrete constructions can be carried out as follows: dismantling of old structures with subsequent construction of *new ones*; erection of new ones with temporary use as formwork and subsequent dismantling of old structures or erection of new structures without dismantling of existing ones with implementation of measures to prevent their collapse. At the same time the constructions design strengthening is calculated on full operating loading.

When choosing a method of strengthening the structure in specific conditions, it is necessary to take into account the acceptability of a method in terms of its technical condition, aggressiveness, fire and explosion hazard, the ability to achieve the required degree of strength, reinforcement without stopping production, in minimum time, with minimum reducing the volume of space, manufacturability and efficiency, etc.

The hypothesis of a concentrated shift in the joint between different concrete in strengthened reinforced concrete constructions

The disclosure of the static uncertainty of the system, which consists of several reinforced concrete rods connected by a longitudinal seams, is carried out by the method of structural mechanics. In this case, as the main system, a composite rod is chosen without displacement bonds [6], the action of which is replaced by unknown functions $\tau(z)$.

In accordance with the A.R. Rzhnitsin's work [79]:

$$r' = \frac{T''}{\xi_{\Delta}}, \quad (1)$$

where ξ_{Δ} is the coefficient of the seam rigidity. Then the difference between the relative longitudinal deformations in the joint will be as follows:

$$r' = \frac{T'}{\xi_m}. \quad (2)$$

In this case, the order of the differential equations [79] can be reduced. Taking into account the foregoing, we obtain:

$$\frac{T'}{\xi_m} = \gamma T + \Delta, \quad \text{then} \quad T = \int_0^z \tau_q(z) \cdot dz. \quad (3)$$

Subject to the presence of cracks, -

$$\Delta = -\frac{N_{0,1}}{(E_{c,1}A_{c,1})_{ekv}} + \frac{N_{0,2}}{(E_{c,2}A_{c,2})_{ekv}} - \frac{f(x_r)}{\rho}, \quad (4)$$

$$\lambda = \sqrt{\xi\gamma} = \sqrt{\xi \left[\frac{1}{(E_{c,1}A_{c,1})_{ekv}} + \frac{1}{(E_{c,2}A_{c,2})_{ekv}} + \frac{f^2(x_r)}{M \cdot \rho} \right]}. \quad (5)$$

In the expressions (3) – (4) it is marked:

- M_0 is the total bending moment, it equals the sum of moments in the corresponding cross-section of each composite rods of the main system;
- $N_{0,1}$ is longitudinal force from external load in the first reinforced concrete rod; $N_{0,2}$ is the same, in the second reinforced concrete rod;

– $I_{c,1}$, $I_{c,2}$ and $A_{c,1}$, $A_{c,2}$ are the moments of inertia and cross-sectional area of individual reinforced concrete rods;

– $E_{c,1}$; $E_{c,2}$ are the initial modules of concrete of individual rods; $\varphi_{c,1}$ and $\varphi_{c,2}$ in the first approximation are accepted 0,85;

– $y_{c,1}$; $y_{c,2}$ are the distances from the geometric longitudinal axes of the corresponding rods to the adjoining seam;

– $(E_{c,1}A_{c,1})_{ekv}$, $(E_{c,2}A_{c,2})_{ekv}$ are equivalent to the rigidity of individual reinforced concrete rods; $f(x_{fact,m})$ is accepted equal $(x_{fact,m} - 0,5h_{f,2})$ in the case of the location of the neutral axis of the composite rod within the first of the formed rods or taken as equal $(2x_{fact,m} - 1,5h_{f,2})$ in the case of the location of the neutral axis of the folded rod within the second of the composite rods, where $x_{fact,m}$ is the average actual height of the compressed zone of concrete in the block between the cracks is averaged;

– ρ is the radius of curvature for a reinforced concrete rod, found in accordance with the offers of works [80, 81];

– ξ is the rigidity of the seam, which is determined on the basis of experimental studies of composed prisms, including reinforced [79].

The normal forces in the composite rods are divided into longitudinal relative deformations, calculated with respect to the selected longitudinal axis in determining the equivalent rigidity:

$$(E_{c,i}A_{c,i})_{ekv} = \frac{N_i}{\varepsilon_0}; \quad (6)$$

where

$$\varepsilon_0 = B_{12} M_i + B_{22} N_i, \quad (7)$$

$$B_{12} = \frac{1}{(z_s + z_c)^2} \left[\frac{\psi_s z_c}{E_s A_s} - \frac{\psi_c z_s}{(\varphi_f + \xi) b d E_c \tilde{v}} \right]; \quad (8)$$

$$B_{22} = \frac{1}{(z_s + z_c)^2} \left[\frac{\psi_c z_s^2}{(\varphi_f + \xi) b d E_c \tilde{v}} + \frac{\psi_s z_c^2}{E_s A_s} \right]. \quad (9)$$

The axis y is located within the working height of the cross-section (fig. 2). If it is located above the center of gravity of the cross-sectional area of the compressed zone, then the value of z_s should be taken as negative.

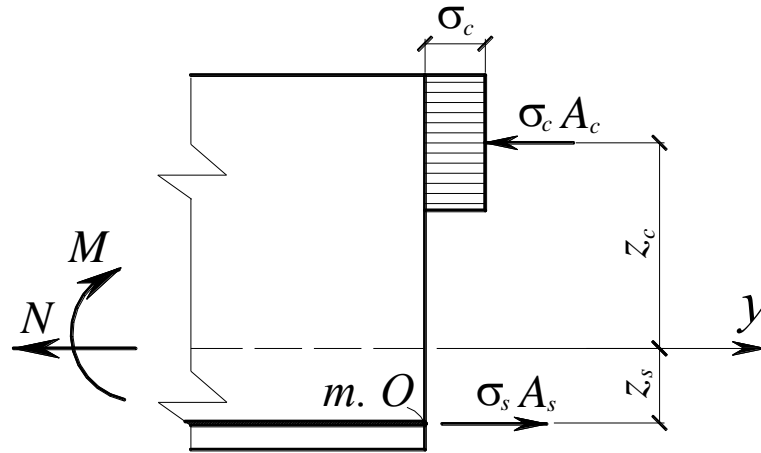


Figure 2. The calculation scheme in the normal section for each of the formed rods

If the axis coincides with the averaged neutral axis of the reinforced concrete element, then in formula (7) (for the composite rod in which this neutral axis passes) the first term is assumed to be zero.

Performing the corresponding algebraic transformations, the solution of equation (3) will have the form:

$$T = \pm \xi_m e^{\gamma \xi_m z} \int \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma \xi_m z}} d(z) \pm C e^{\gamma \xi_m z}. \quad (10)$$

Taking into account the expression (5), we have:

$$\tau = T' = \xi_m^2 \gamma e^{\gamma \xi_m z} \int \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma \xi_m z}} d(z) + \xi_m e^{\gamma \xi_m z} \frac{\Delta(z)}{e^{\gamma \xi_m z}} + C_\tau. \quad (11)$$

The definition of constant integration and the corresponding boundary conditions depend on the backing and loading conditions of the composite rods.

Thus, the working condition of the concentrated pliability of the seam is formulated based on the analysis of accumulated experimental data on the resistance of the composite reinforced concrete structures. It provides an opportunity to get a complete picture of the stress-strain state in a composite reinforced concrete rod with incompatible laminated deformations in the seam area in the presence of cracks [82].

The proposed algebraic dependences allow us to simplify the differential equations obtained in [79] without reducing the accuracy and rigor of their solution.

Methods of conducting a comprehensive examination of stone and reinforced stone constructions

Comprehensive inspection of stone constructions is performed in two stages: preliminary (visual) and detailed (instrumental). In addition, sampling and laboratory testing of material samples is performed [83]. At the stage of preliminary inspection, constructions are found that are in a pre-emergency technical state, and measures are taken to prevent further collapse. The instrumental inspection is carried out once, if the deformations that caused the damage have stopped, otherwise a long-term observation with the installation of lighthouse is organized.

The pre-emergency condition of stone and reinforced stone constructions is characterized by the following features [83, 84]:

- force cracks with width of opening more than 2 *mm*, crossing more than 8 rows of a laying (fig. 3, *a*);
- formation of vertical and inclined cracks under the supports of the girder structures, which cross more than 4 rows (fig. 3, *b*);
- marginal damage to the masonry under the supports to a depth of more than 1/5 of the support (fig. 3, *c*);
- damage to the masonry to a depth of more than 50% of the thickness (fig. 3, *d*);
- deviation from the vertical and protrusion of the walls within the floor more than 1/3 of their thickness (fig. 3, *e*);
- displacement of floor structures on supports more than 1/2 of the depth of embedding in the wall (fig. 3, *f*);
- destruction of anchor connections of fastening of walls to columns and slabs (fig. 3, *g*).

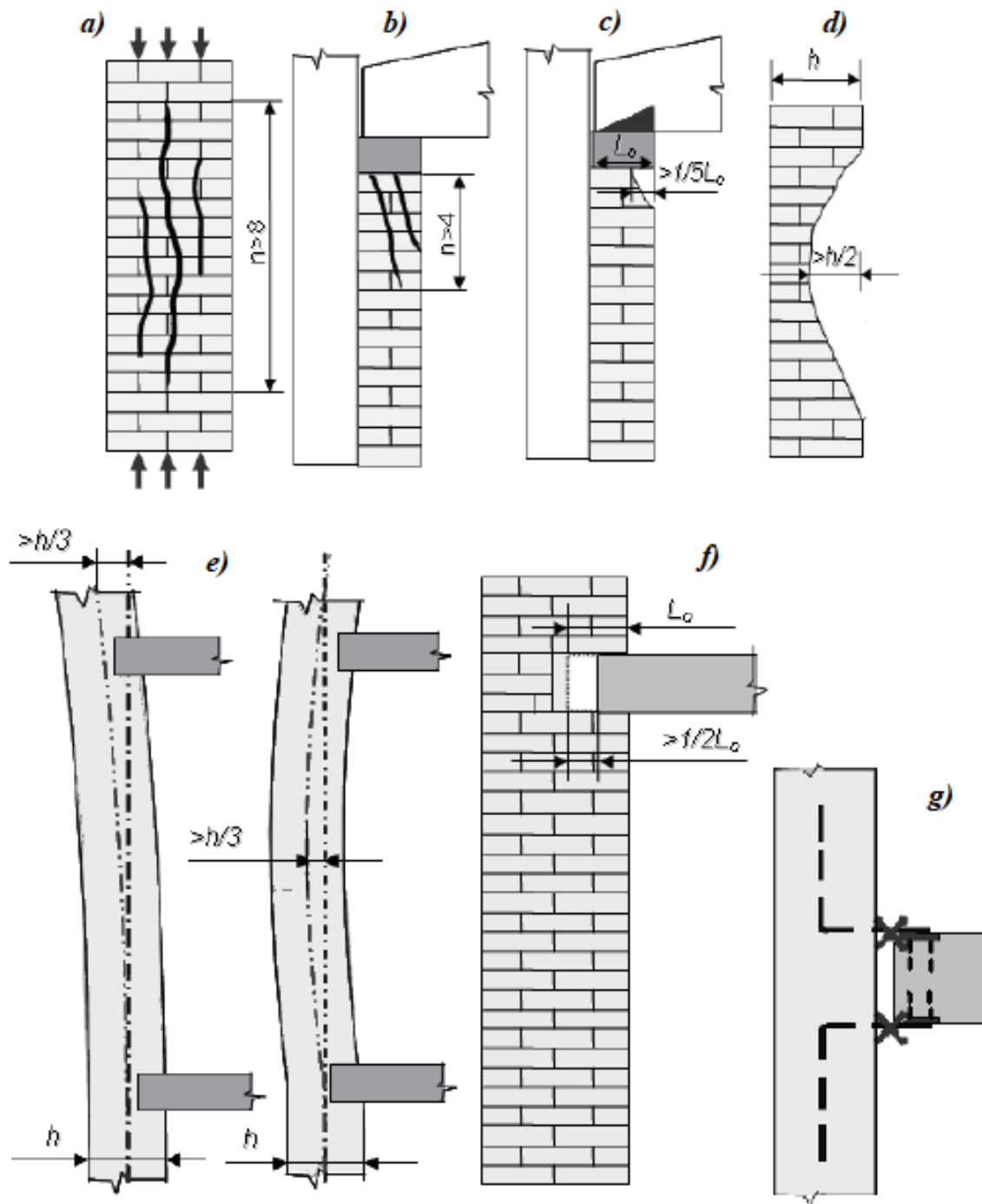


Figure 3. Signs of pre-emergency condition of stone constructions

Masonry is a heterogeneous material. It consists of individual stones (bricks), which are under the influence of load in a complex stress-strain state, which are combined with a layer of mortar. Therefore, the durability and deformability of masonry depends on many factors: the type and strength of the brick, the strength of the mortar, the type of stress, the quality of the masonry (filling, thickness and the required ligation of joints, compliance with the horizontality of rows) and others. The

method of directly determining the durability of masonry of existing structures is absent, so the strength is determined indirectly by the characteristics of the brick and mortar.

The estimated resistance of masonry for verification calculations is determined based on the brand of brick M and the brand of mortar M (when performing calculations according to design data) or the conventional brand of brick M' and conventional brand of mortar M' (when performing verification calculations based on experimental test results) for [84] taking into account the coefficients of working conditions. The calculated value of masonry is determined by linear interpolation for intermediate values of conventional grades of brick and mortar, which differ from the values of the parametric series.

The durability of stone constructions of operated buildings and structures is determined by verification calculations on the basis of data obtained during the survey. This takes into account defects and damage that reduce strength: cracks; destruction of surface layers of brickwork; the presence of eccentricities caused by deviations from the vertical; violation of the structural connection between the walls; damage to supports of beams, jumpers, displacement of construction elements.

Vertical force cracks are taken into account by introducing a reduction factor K_{cr} to the estimated resistance of masonry R in accordance with table 1.

Table 1

Dependence of the reduction factor K_{cr} on the estimated resistance of masonry R

Cracks characteristics	factor K_{cr}	
	unreinforced stone construction	reinforced stone construction

1. Cracks in individual bricks that do not cross the seams of mortars..	1	1
2. Hair cracks that intersect no more than 2 brick rows.	0,9	1
3. Hair cracks that intersect no more than 4 brick rows.	0,75	0,9
4. Cracks opening up to 2 mm, intersecting no more than brick 8 rows.		
5. Cracks opening up to 2 mm, intersecting more than 8 brick rows.	0,5	0,7
	0	0,5

The durability condition of stone construction has next form:

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}(R, K_{crc}), \quad (12)$$

where R – estimated resistance of masonry.

The coefficient of strength safety of stone and reinforced stone constructions is equal to the ratio of the force corresponding to the actual strength of the masonry, calculated on the average value, to the effective force from the actual load.

$$K = \frac{N_{Rd}(\bar{R}, K_{crc})}{N_{Sd}}. \quad (13)$$

If coefficient $K < C$, the stress-strain state of the element is characterized as pre-emergency, where C is the accident rate: $C = 1.7$ – for unreinforced masonry; $C = 1.5$ – for reinforced masonry. With known brands of brick and mortar, the average value of the strength limit of the masonry R is taken equal $\bar{R} = 2R$. When deviating from the vertical or protruding walls within the floor by up to 1/3 of the thickness, the strength is determined taking into account the actual eccentricity of the above placed load.

Therefore, it can be concluded that in the case of the vertical cracks formation at the intersection of walls or rupture of transverse connections between walls, the strength and stability of the walls are determined taking into account the actual free height of the wall between the points of preserved connections. When displacing girders, floor slabs and paving on supports, the strength of stone elements for local bending and out-of-center compression should be checked according to the actual value of eccentricity and support area of girders and floor slabs.

Principles of civil buildings reconstruction

Among the existing principles and methods of civil buildings reconstruction based on the analysis of data of branch design institutes of Ukraine [75, 82, 84, 85], Belarus, the European Union, Canada and the authors' own research [86–89], we can highlight the following:

Principle 1. Reconstruction principle is founded by adding floor superstructure (fig. 4), including the method of lifting the roof with hydraulic jacks. It is done without replanning of premises (apartments) on 1–5 floors and with replanning and installation of elevator shafts (fig. 5). It is formed as a separate self-supporting building volume, which requires the creation of conditions for independent subsidence.

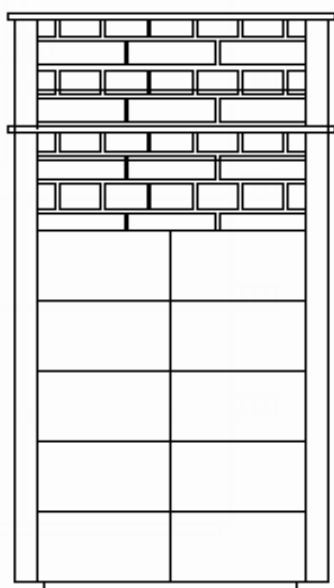


Figure 4. The principle of additional floors superstructure

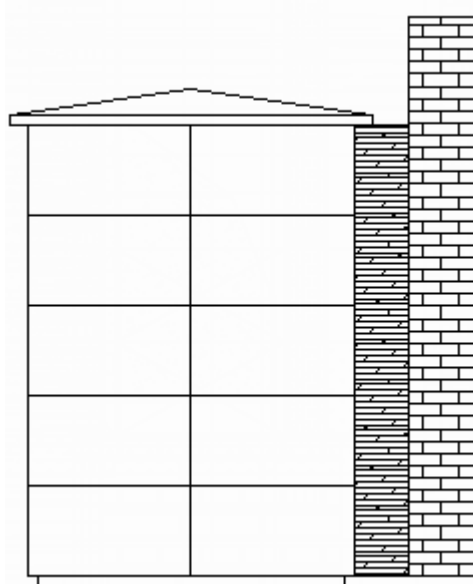


Figure 5. The principle of elevator shaft and sewer installation

Principle 2. Reconstruction principle is founded without superstructure of floors (fig. 6), – due to use of volume of an attic and superstructure of mansard. It can be executed without replanning of premises (apartments) on 1–5 floors and with replanning. There is also the possibility of arrangement of rather easy bearing framework of a superstructure from metal elements and joints.

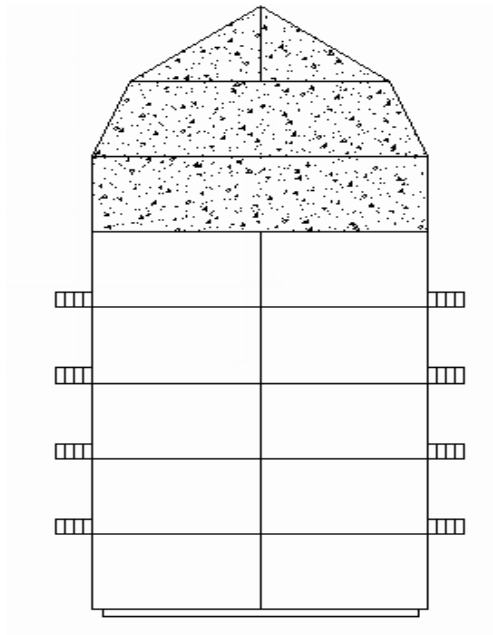


Figure 6. Principle of mansard superstructure

Principle 3. It is installed additional balconies (fig. 7) of metal structures (France, Foros city) or replacement of balconies on the loggia with the subsequent expansion of premises (rooms). It can be made of hinged structures or with the installation of additional independent foundations of the building.

Principle 4. The principle of binding crossbars usage for the device of loggias with the subsequent expansion of premises or for the purpose of facades warming (fig. 8).

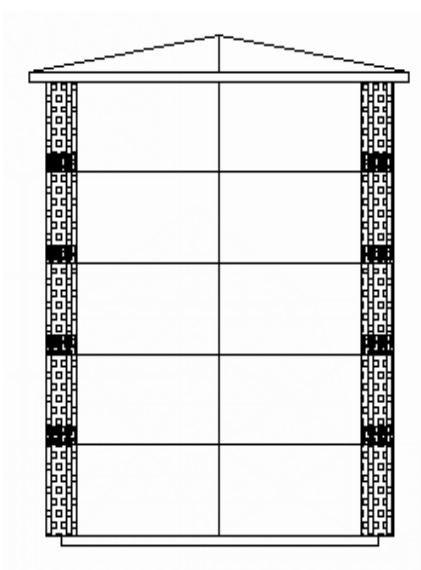


Figure 7. The principle of additional balconies installation

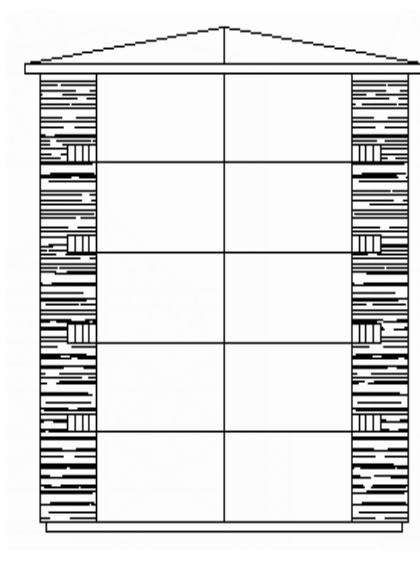


Figure 8. The principle of loggias arrangement

Principle 5. Comprehensive method – extension and superstructure of an existing building – the "flamingo" method (fig. 9), as well as the device of a terrace extension on several floors (fig. 10) replanning of premises (apartments) and arrangement of full-fledged separate bathrooms. This principle is formed as a separate self-supporting volume, requiring the creation of conditions for independent subsidence.

Principle 6. Installation on the first floors of large openings in the form of composite frame construction for cafes, swimming pools, gyms, shops, parking lots, etc. (fig. 11, fig. 21, fig. 22). It is received a patent of Ukraine for a utility model № 24095 [90].

Principle 7. Replanning and arrangement of non-residential premises on the ground floor and in basements (fig. 12). It is formed by combining the premises in one or two building levels.

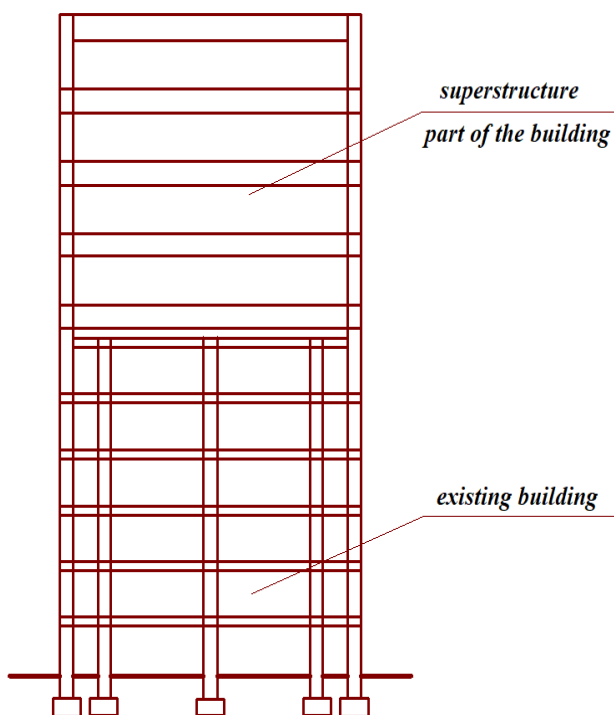


Figure 9. Reconstruction of the building by “Flamingo” method

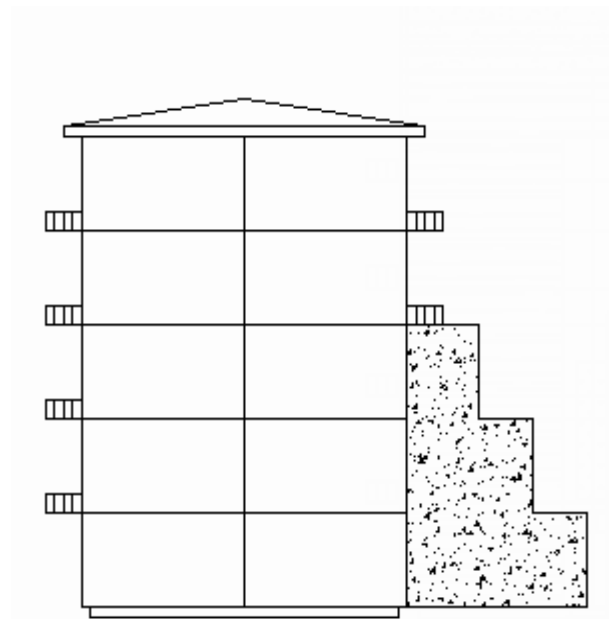


Figure 10. The principle of a terrace extension arrangement on several floors

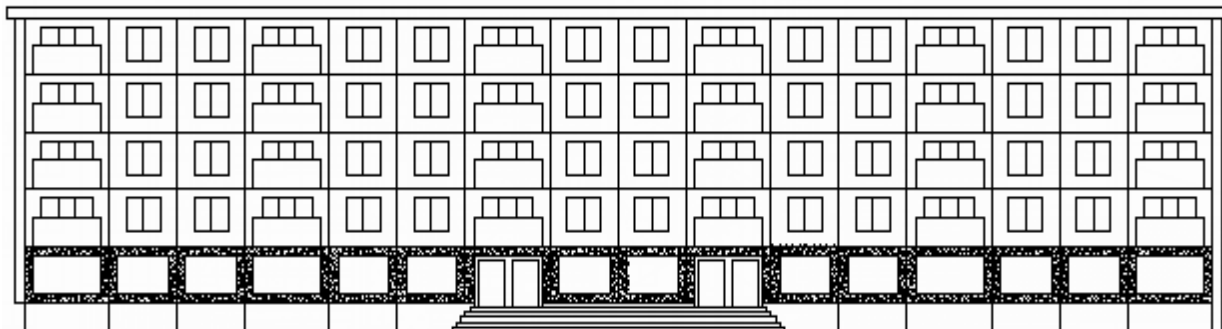


Figure 11. Redevelopment of the building with a change in the structural scheme of the first floor

Principle 8. Replanning of premises (apartments) in residential buildings of the old fund with the arrangement of apartments in two levels (fig. 13).

Principle 9. Increasing the area of kitchens due to the rational use of the area of stairwells of the old housing stock (see fig. 14 and fig. 15).

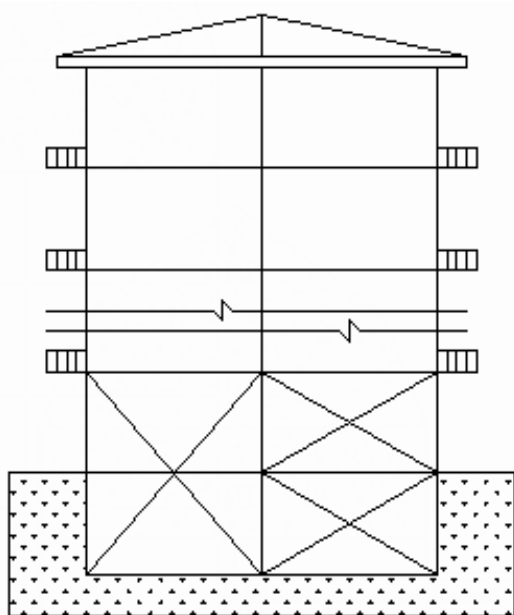


Figure 12. The principle of replanning and arrangement of non-residential premises on the ground floor and in basements

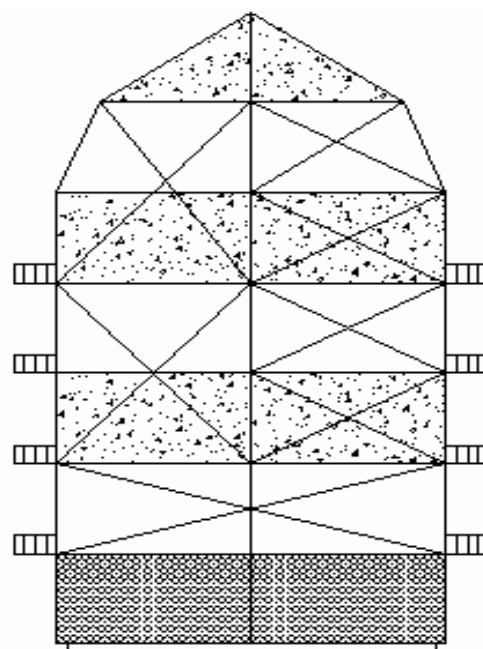


Figure 13. The principle of redevelopment premises (apartments) of with apartments in two levels

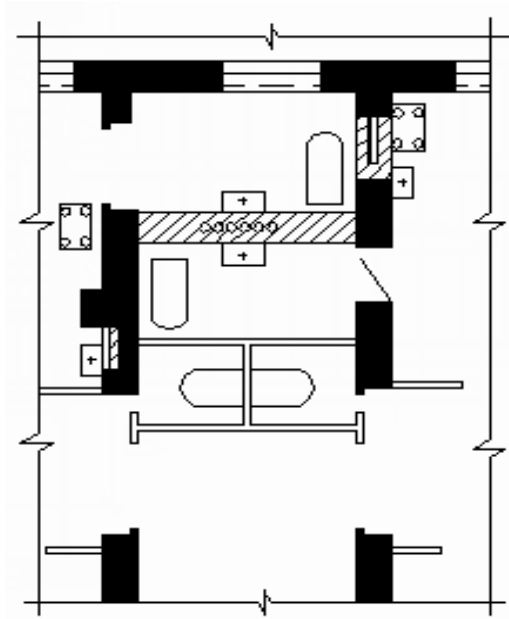


Figure 14. Placement of bathrooms with entrances from kitchens – variant of cross division (one of baths is light)

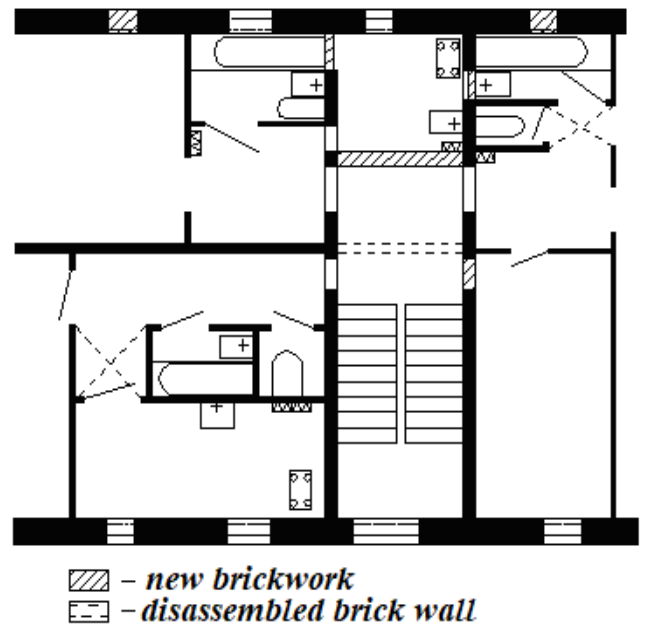


Figure 15. Usage of a black staircase under the kitchen

A very important issue during the reconstruction of buildings is the proper usage, rearrangement of existing and installation of new stairwells [87, 88]. For example, if before the redevelopment the building had in one stairwell the main and black stairs, the black stairs should be eliminated and in their place to place bathrooms, kitchens, dressing rooms. Examples of such redevelopment are shown in fig. 14 and fig. 15.

It is shown changing the living space, using the premises of the black stairs under the kitchen in fig. 15.

Principle 10. It is shown unilateral (fig. 16) or bilateral (fig. 17) extension with the addition of two or more floors. It is formed as a separate self-supporting building volume, which requires joint deformation with the existing building.

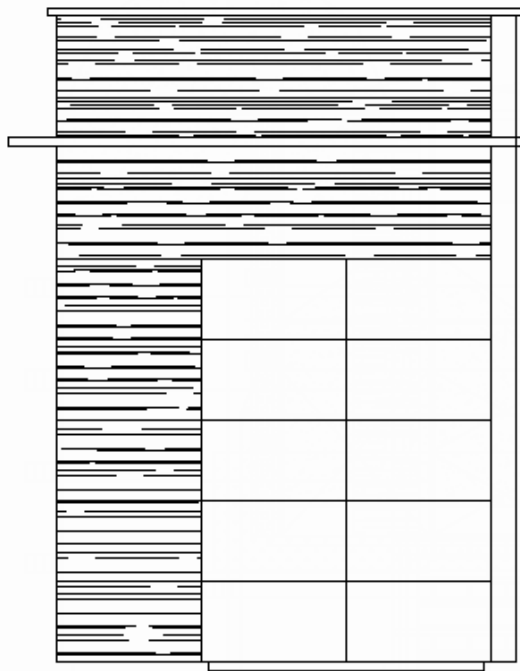


Figure 16. The principle of one-sided extension with the addition of two and more floors

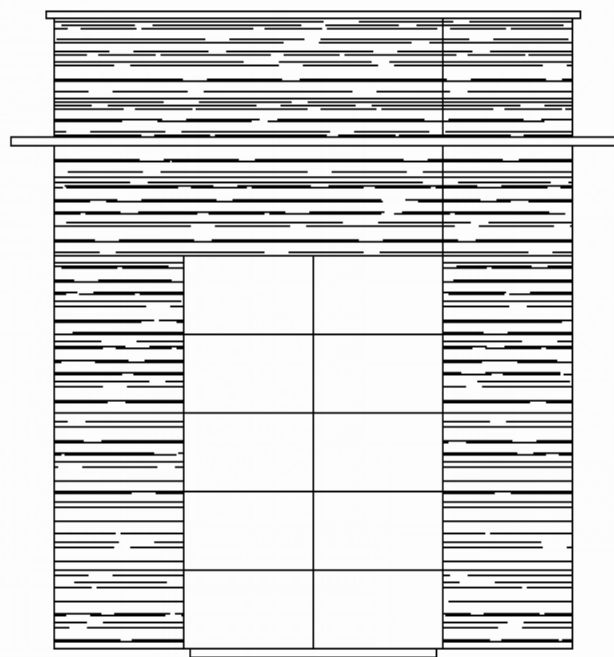


Figure 17. The principle of bilateral extension with the superstructure of two or more floors

Principle 11. Superstructure creation of additional floors and premises (or their dismantling) with the device of the operated roofs in fig. 18. (winter garden, gym, artist's workshop, exhibition, etc.). It requires the prevention of uneven deformation of grounds and foundations [76, 78, 86].

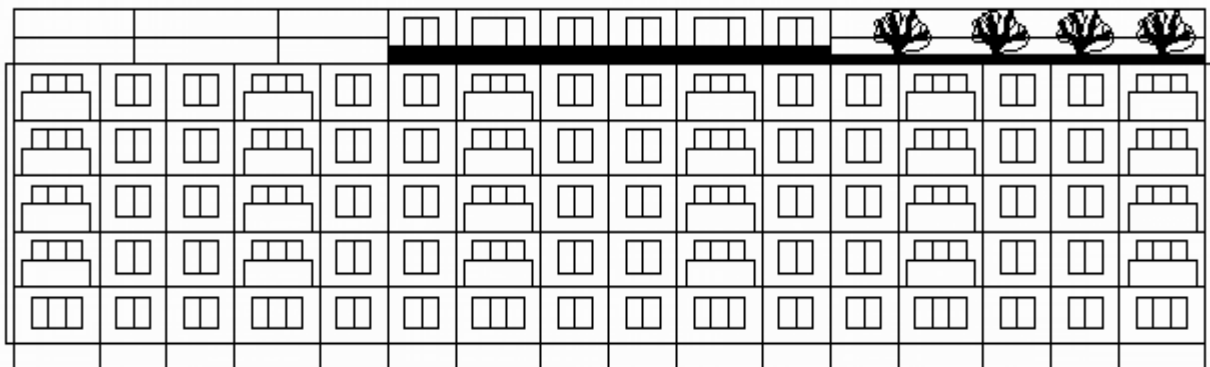


Figure 18. The principle of superstructure of additional floors and premises (or their dismantling) with the device of the operated roofs

Principle 12. This principle consists of insulation of facades with sheet and tile materials with the arrangement of air space, facing or composite panels, etc (Austria).

Principle 13. This principle consists of installation of stained glass in the stairwell in civil buildings (Germany).

Principle 14. This principle consists of two or three-storey public buildings extension between the ends of the adjacent group of multi-storey large-panel buildings (Germany).

Principle 15. This principle consists in building construction of the civil building with glazed loggias, balconies and structural elements, small volumes of sanitary blocks together with saunas on separate pile foundations (France).

Principle 16. The authors methods are proposed for discharging columns [89] used in frame buildings (fig. 19).

Principle 17. Comprehensive reconstruction of civic buildings using principles (1) – (16).

Further we consider the constructive measures taken during its implementation after analyzing the basic principles of reconstruction.

For example, the vast majority of the first mass series civil buildings have the necessary reserves of strength and are able to withstand loads from one or two floors, which are superimposed, without strengthening the existing load-bearing constructions. In some cases, based on the results of the bearing capacity calculations of the foundations, there is a need to strengthen or consolidate the foundations. This allows you to significantly (by 25–40%) reduce the cost of additional housing, which is obtained during the reconstruction, compared with similar indicators in new construction and is one of the main reasons for the investment attractiveness of the reconstruction of buildings.

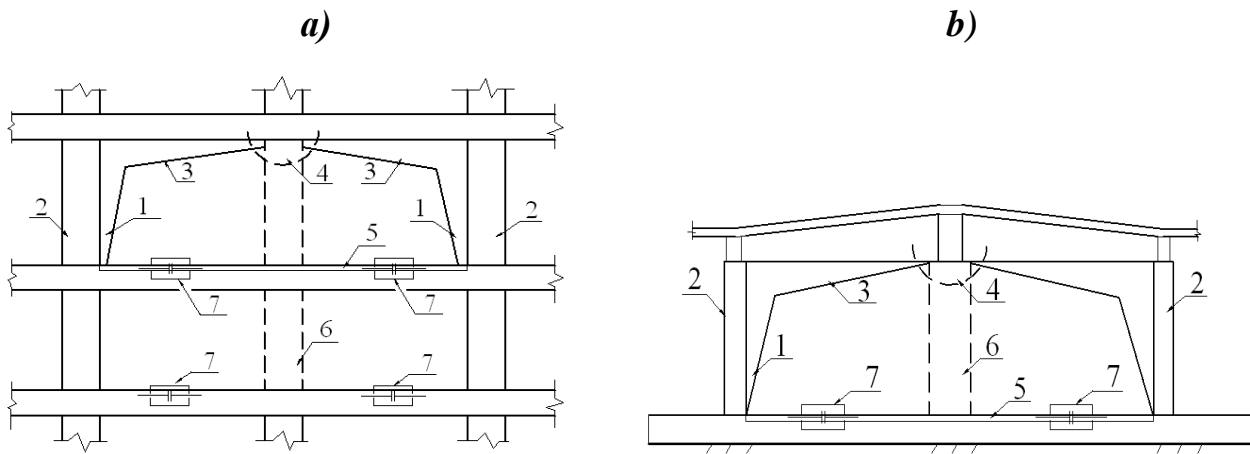


Figure 19. The reconstruction method of the building (discharge the columns):

a – multi-storey frame building; *b* – one-storey frame building;

1 – arranged struts; 2 – existing extreme columns; 3 – additional crossbars;

4 – middle node of the newly formed arch; 5 – puffs on the slab (or on the floor, in the case of a one-story building); 6 – removed columns;

7 – lever-threaded device, which includes tightening in the work

Arrangement of new openings and openings in walls and floors should be done with a special cutting tool (mechanical, hydraulic or electric arc). At the same time it is necessary to exclude formation in constructions of cracks and other damages reducing their load-bearing capacity.

When installing addl loggias, bay windows or other parts of buildings, it is recommended to design them on independent foundations, taking into account the possibility of independent subsidence of the house and the parts that are attached to it.

When the mansard and superstructure are on top of the head to constructive solutions, they need to be secured for the necessary safety of the available buildings. So that they can be installed on the basis of unsuccessful construction, that is, the basis.

Particular attention should be paid to controlling the actual level of load-bearing capacity of mansard floor slabs. For some typical series, the level of regulatory load on these slabs according to the projects is 75 kg/m^2 , which requires measures to strengthen them when installing mansard or superstructures.

When arranging extensions and superstructures of the buildings by the "flamingo" method (transverse U-shaped frame of pylons and crossbars, which frames the existing part of the structure), fig. 9 it is necessary to pay special attention to the analysis of joint work existing and new constructions after reconstruction. The support for the pylons of the frame in this constructive scheme are new independent foundations from piles of deep laying with a monolithic grid. The technological gap between the piles, which are arranged during the reconstruction, and the existing foundations of the building does not prevent the mutual influence of old and new foundations. It creates preconditions for the development of the base deformation of the newly created part on the existing part of the building.

To reduce this effect, it is necessary to provide either a reduction of the specific load on the base in the newly created foundations, or the separation of the boundary layer of soil with sheet piling or sliding seams.

During the reconstruction it is very difficult to comply with the requirements of normal lighting of living spaces [87]. Therefore, when replanning residential buildings facing north, and shading the facades of other buildings should strive to have living quarters (apartments) as follows, so that the shady side was facing kitchens, stairwells and ancillary rooms, and living rooms – on the opposite (light) side.

In older buildings, the insolation conditions and the living quarters location are so bad that there is no insolated room in the apartments. In these cases, it is recommended to arrange a bay window device. Especially appropriate arrangement of bay windows in the eliminated stairwells, where the inevitable restructuring of the outer wall due to the change of slots.

It is also necessary to take into account the location of permitted in residential buildings of enterprises and organizations of small business and entrepreneurship (kindergartens for 5–10 children, small hotels for up to 10 people, dental offices, etc.), to analyze the state of utilities, assess the noise analysis of gassiness of the development area, etc.

Undoubtedly, there is a need for feasibility studies and business plans for the reconstruction of neighborhoods and microdistricts, analysis of the principles of payback for the calculation period and sources of costs (sale of superstructures, income from renting premises on the ground floor, etc.) .

Thus, the analysis and formulation of the basic reconstruction principles of civil buildings gives us great opportunities to save building materials, labor costs and individual expression. The term “reconstruction” means both redevelopment of premises and their overhaul and modernization of buildings with new annexes.

Structural solution of a brick-reinforced concrete frame in the civil buildings reconstruction

The implementation of the *sixth principle* of civil buildings reconstruction should be discussed separately. Here, the authors proposed a utility model [90], which relates to the field of construction, and can be used in the overhaul and reconstruction, mainly of brick buildings, to provide large holes in the load-bearing walls of buildings.

Recently, there is a need to develop structures that provide large holes in the load-bearing walls for shops, offices, cafes, swimming pools, etc during the reconstruction of the first floors buildings.

Such a construction is known in multi-storey buildings fig. 20, the main structural element of which is a jumper made with upward-pointing stops at the ends with arranged strands anchored in the compressed area of the brickwork of the wall.

The disadvantage of this design solution is that the device of such a jumper is possible only during the construction of a brick wall and does not apply during the reconstruction of the existing load-bearing wall, and the maximum width of the hole does not exceed the size of the door or window.

Also known is a similar design of the frame jumper (fig. 21), consisting of metal profiles in the form of a channel. Channels are installed along the contour of the future hole on both sides of the wall. The frame struts are connected by bolts to

include the structure in the joint work. Special plates are placed on the crossbar, through which the weight of the upper floors is transferred to the crossbar and the struts.

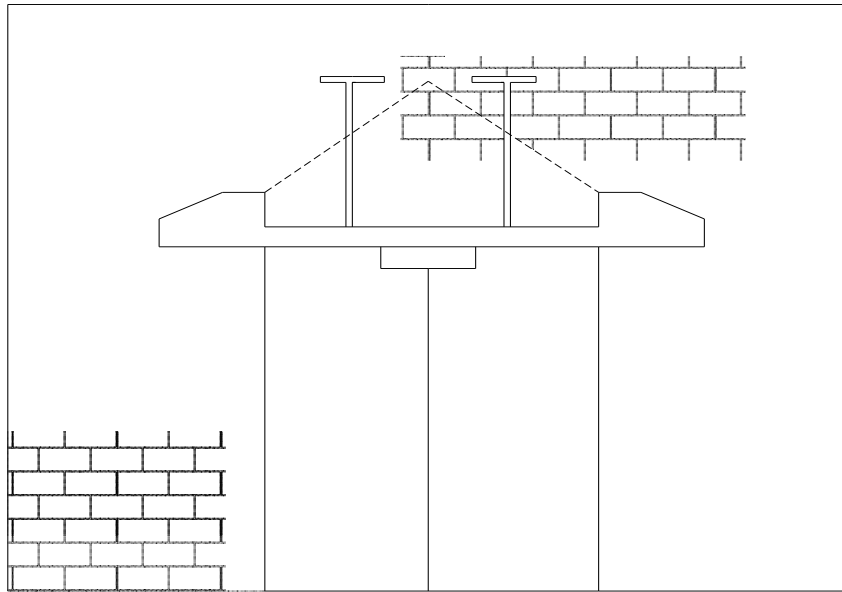


Figure 20. The design of the frame jumpers with stops at the ends

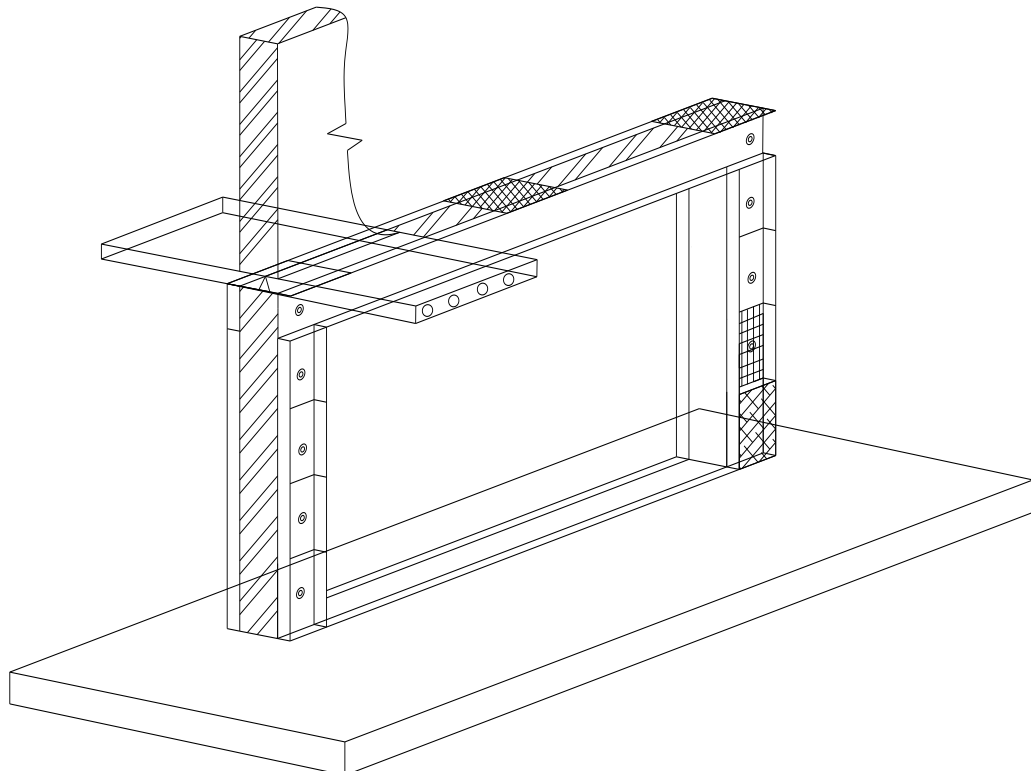


Figure 21. The design of the metal profiles frame

The disadvantage of this structure is the relatively high cost of metal material, the concentration of forces when transferring the load from the floor to the metal

crossbar through the substrates-wedges, as well as the complexity of preparatory (drilling holes in channels) and installation (the need for clear matching holes in the frame elements heavy crossbar) work when assembling the frame structure.

The task to be solved by the utility model (fig. 22, fig. 23) is to develop a load-bearing structure to ensure the installation of a large (up to 6–7 meters) slot in the load-bearing brick wall. This allows you to reduce the cost of reconstruction with the maximum use of the main structural building material – reinforced concrete.

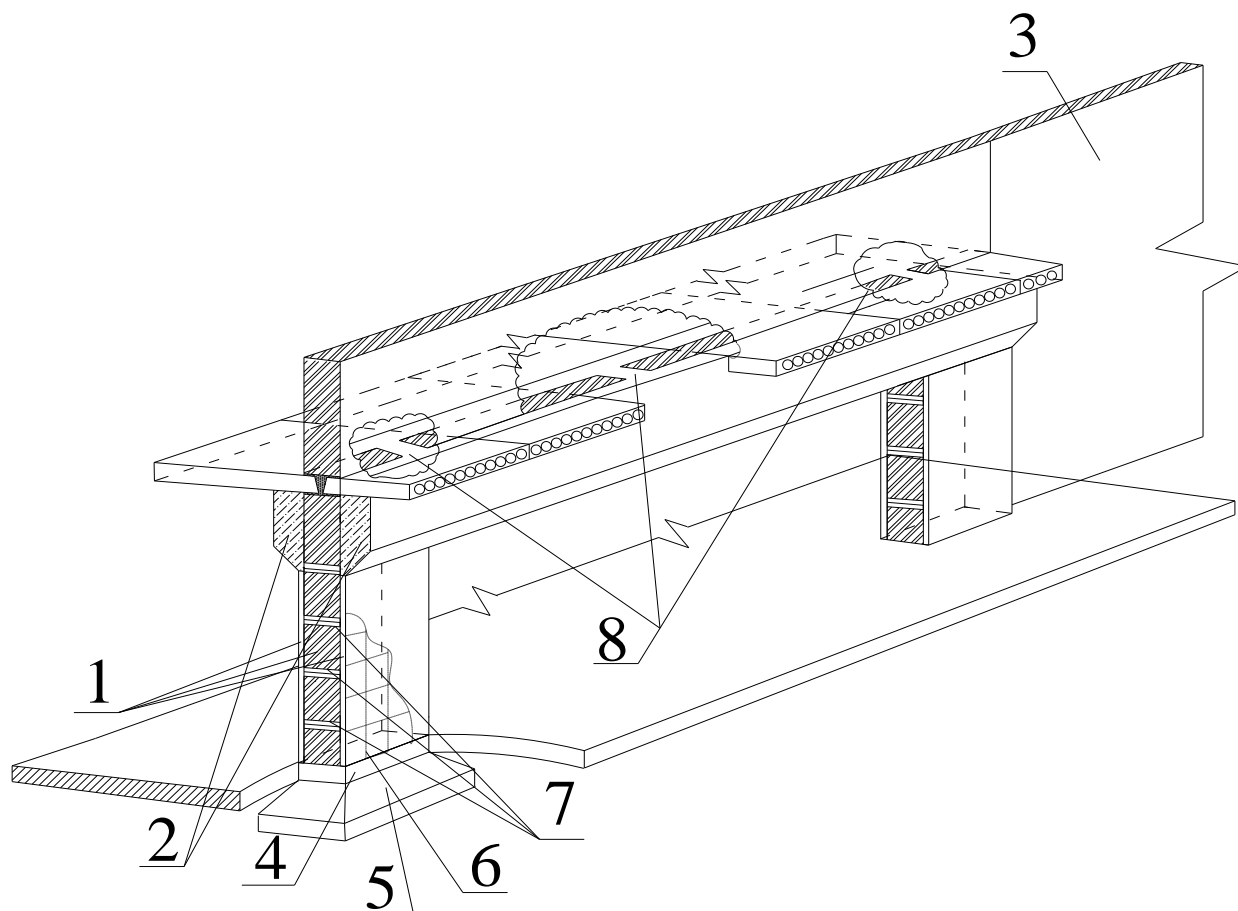


Figure 22. Construction of a brick-reinforced concrete frame:

- 1 – brick-reinforced concrete racks; 2 – reinforced concrete crossbars;
- 3 – brick wall to be reconstructed; 4 – foundations of the building;
- 5 – special reinforced concrete ties; 6 – reinforced concrete shirt;
- 7 – reinforced concrete connections, which are arranged with a step of 0.5 m in through holes in the wall; 8 – reinforced concrete ties located in the locations of the racks and in the middle part of the crossbar

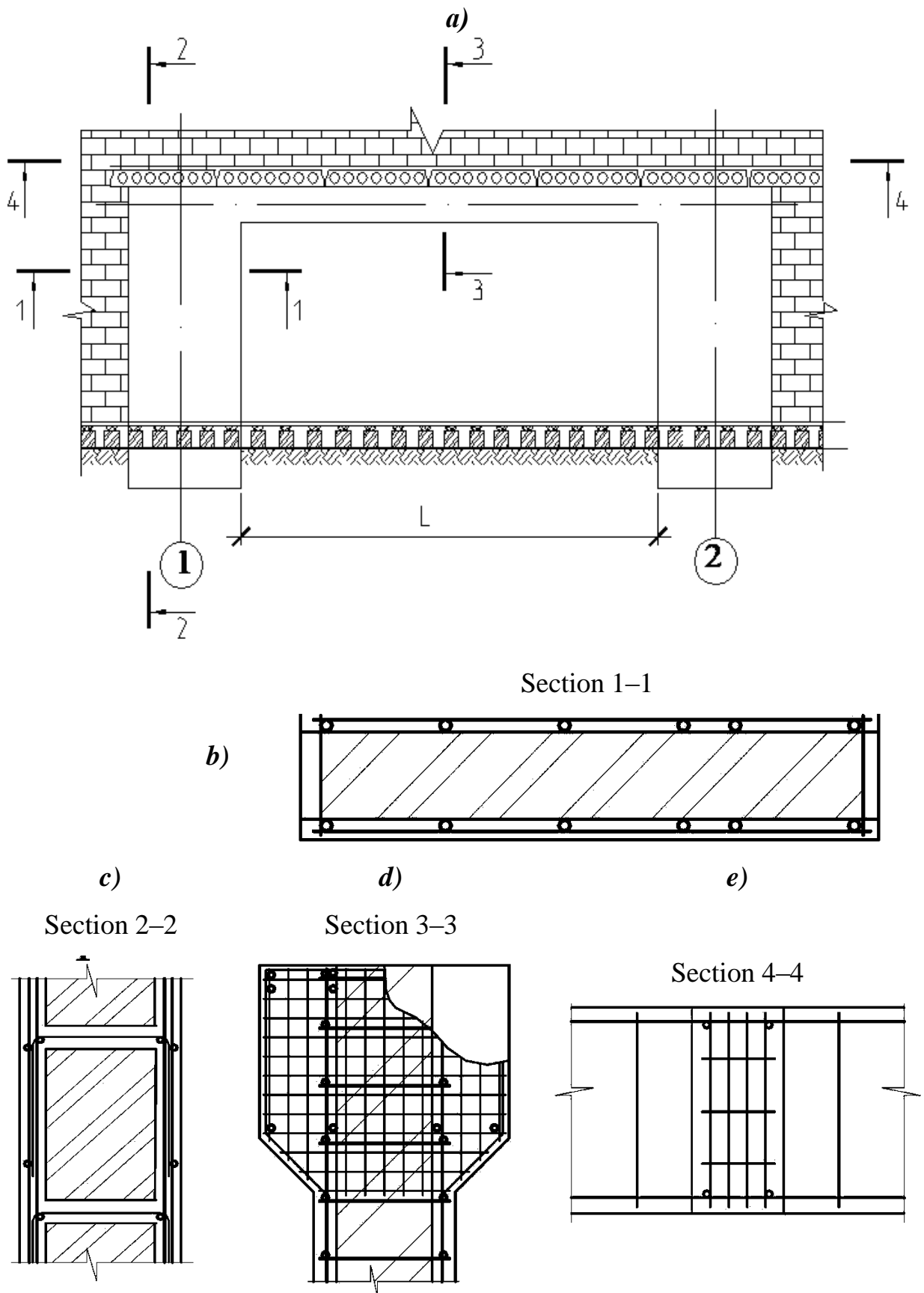


Figure 23. The design of a brick-reinforced concrete frame:
a – front cross-section; *b* – *d* – sections 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, respectively

Achieving this effect is possible due to the fact that the structure of the large size slot (fig. 22 and fig. 23). It is solved in the form of a component of a brick-reinforced concrete frame for the arrangement of the large size slot. It includes brick-reinforced concrete posts (1) and reinforced concrete crossbars (2), located on both sides of the reconstructed brick wall (3), foundations (4), reinforced at the location of the frame posts with special reinforced concrete inflows (5). The racks of the frame include layers in the form of a special reinforced concrete jacket (6), located on both sides of the brick wall and interconnected in a spatial structure by reinforced concrete ties (7) with a step of 0.5 m, which are arranged in through holes in the wall (4) . The crossbars of the frame are made in the form of reinforced concrete cores (2), on both sides adjacent to the reconstructed reinforced concrete wall and interconnected by reinforced concrete ties (8) located at the locations of the racks and in the middle part of the crossbar. Monolithic concrete provides a tight fit of the crossbar to the structures of the floor slabs over the entire contact surface.

The essence of the utility model is explained by the drawing (fig. 22), which shows the general structure of the brick-reinforced concrete frame. The sketch of the of the frame appearance (fig. 22) and the main sections of the load-bearing elements are shown in fig. 23.

The construction (component brick-reinforced concrete frame) works as follows: the brick together with the reinforced concrete jacket in the frames of the frame work on compression and the reinforced concrete bolt with reinforced concrete cores on the bending. Joint work of reinforced concrete inflows of a crossbar and racks is provided by means of the reinforced concrete communications located in through openings of the reconstructed wall.

In comparison with the nearest analogue, (fig. 20), at construction of the offered design of a frame, use of metal in crossbars and racks which are reinforced, instead of are carried out completely from continuous metal profiles essentially decreases, step-by-step performance of assembly works is simplified. overlapping structures over the entire contact surface.

Thus, the authors proposed the construction of a brick-reinforced concrete frame (fig. 22 and fig. 23) for the arrangement of large openings in civil buildings.

Continuing the analysis, it is necessary to identify the most effective principles of civil buildings reconstruction in the future. This will help in choosing the most rational methods taking into account climatic, engineering and geological conditions, eliminating unwanted errors identified in the process of accumulated experience of reconstruction. Carrying out such an analysis will certainly allow to give the necessary recommendations for the choice of reconstruction principles, which will certainly lead to significant savings of material and time resources in solving this problem.

4.3 discharge coefficient of broad-crested weirs as function of the relative weir length and height for weirs with large width to head ratios

Водозливи з широким порогом (ВШП) – це прості гідротехнічні споруди, що часто використовуються для вимірювання об'ємної витрати води у відкритих руслах. До переваг використання ВШП належать простота конструкції та економічність влаштування, висока міцність та тривалий період експлуатації, мала чутливість коефіцієнта витрати до умов підтоплення з боку нижнього б'єфу.

Залежно від відносної ширини порогу розрізняють водозливи з тонкою стінкою, водозливи практичного профілю та водозливи з широким порогом, разом з тим чисельні критерії належності водозливів до того чи іншого типу дещо відрізняються (табл. 1).

Відносна ширина порогу δ/H для водозливів різних типів

№	Тип водозливу	Діапазон δ/H за даними:				
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
1	Водозлив з тонкою стінкою	<0,67	$\leq 0,5$	<0,5	<0,67	<0,67
2	Водозлив практичного профілю	0,67–(2÷3)	0,5–2	0,5–2,5	0,67–3,03	0,67–2,5
3	Водозлив з широким порогом	(2÷3)– (8÷10)	2–8	2,5–10	3,03–12,5	2,5–10

Витрата через прямий водозлив з широким порогом прямокутного профілю згідно з [91–97]:

$$Q = mb\sqrt{2g}H_0^{3/2}, \quad (1)$$

де m – коефіцієнт витрати; b – ширина водозливу; H_0 – повний напір на водозливі, який знаходять як суму геометричного та швидкісного напорів [1–7]:

$$H_0 = H + \frac{\alpha V^2}{2g}, \quad (2)$$

де H – геометричний напір на водозливі; α – коефіцієнт кінетичної енергії $\alpha=1-1,1$; V – середня швидкість потоку на підході до водозливу:

$$V = \frac{Q}{b(C_s + H)}, \quad (3)$$

де C_s – висота водозливу зі сторони верхнього б'єфа.

Найскладнішим з теоретичної точки зору фактором, що впливає на пропускну здатність водозливу, є коефіцієнт витрати m .

Наявні рекомендації щодо визначення коефіцієнта витрати ВШП базуються на двох основних підходах. Згідно з чинною в Україні методикою коефіцієнт витрати ВШП розглядається лише як функція відносної висоти стінки з боку верхнього б'єфу [91, 96, 97]. З іншого боку, в багатьох країнах

Світу використовують інший підхід, який базується на припущенні, що коефіцієнт витрати ВШП залежить виключно від відносної ширини порогу та не є функцією висоти стінки [95, 98].

Нижче порівняно значення коефіцієнтів витрати ВШП за вищевказаними підходами (за емпіричними даними Д. Куміна, рекомендованими [96], та за теоретично-обґрунтованим методом В. Хагера [95]) з експериментальними результатами, отриманими авторами. Просте порівняння методів Куміна та Хагера для одного і того ж ВШП вказує на суттєву різницю у відповідних значеннях коефіцієнта витрати. Логічно припустити, що на коефіцієнт витрати ВШП мають вплив як відносна висота стінки, так і відносна ширина порогу, за аналогією з наявністю двох складових гідродинамічного опору – опору форми та опору тертя.

Згідно з емпіричними даними Куміна [96, 97] коефіцієнт витрати для прямого водозливу з широким порогом та вертикальною вхідною стінкою залежить від відносної висоти порогу C_e/H (табл. 2).

Таблиця 2

Залежність коефіцієнта витрати m водозливів з широким порогом від відносної висоти порогу C_e/H (за даними Д.Куміна [96, 97])

C_e/H	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	4	8	∞
m	0,385	0,366	0,356	0,35	0,345	0,342	0,333	0,327	0,324	0,32

Обробкою даних, наведених у табл. 2, отримано апроксимаційну залежність з коефіцієнтом детермінованості $R^2=0,9984$:

$$m = 0,32 + \frac{1}{29,65C_e/H + 16,60} \quad (4)$$

Максимальне відхилення розрахункових значень коефіцієнта витрати, отриманих за рівнянням (4), від результатів, наведених у табл. 2, не перевищує 0,5 % у діапазоні значень відносної висоти стінки $C_e/H \geq 0,2$ (рис. 1).

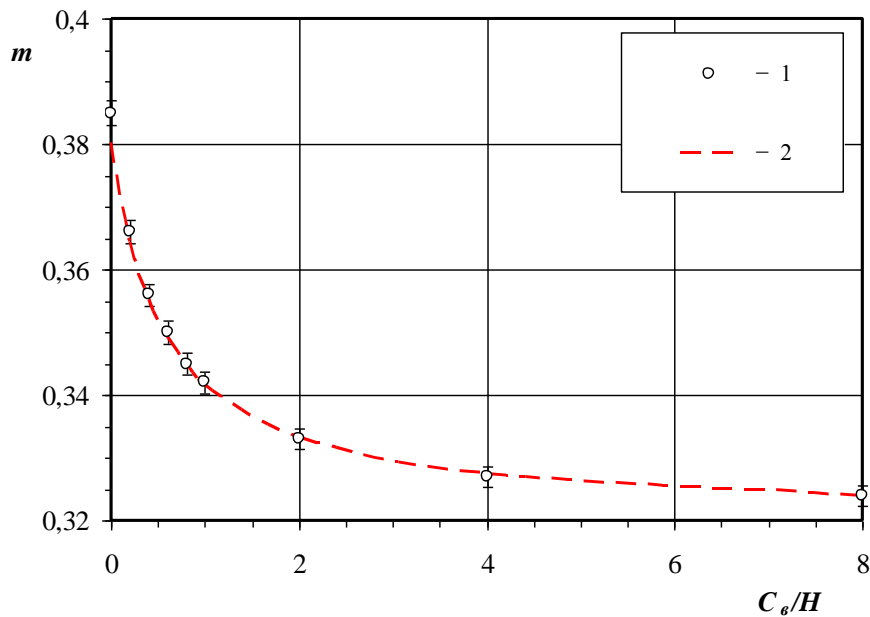


Рисунок 1. Значення коефіцієнта витрати водозливів з широким порогом: 1 – емпіричні дані Д. Куміна [6, 7]; 2 – розрахункові значення за формулою (4) (засічками вказані планки відносних похибок $\pm 0,5\%$)

Згідно з іншим підходом коефіцієнт витрати водозливу з широким порогом залежить лише від відносної ширини порогу [95, 98]. Наприклад, В. Хагер отримав теоретично обґрунтовану залежність, рекомендовану для напорів H_0 , більших за 0,03–0,05 м [95]:

$$m = 0,326 \times \frac{9}{7} \times \left(1 - \frac{2/9}{1 + (H_0/\delta)^4} \right). \quad (5)$$

У комплексній гідравлічній лабораторії кафедри гідротехніки та водної інженерії Національного університету "Львівська політехніка" виконано експериментальні дослідження з визначення коефіцієнта витрати ВШП за значень відносної ширини порогу $4 < \square/H < 10$. Досліджуваний ВШП з висотою порогу $C_e = 5$ см та шириною $\square = 20$ см встановлений у гідравлічному лотку шириною $b = 20,2$ см. Витрату води визначали за допомогою стандартного трикутного мірного водозливу та обчислювали за формулою Кінга [96, 97]:

$$Q = 1,343 H_m^{2,47}. \quad (6)$$

Експериментальні значення коефіцієнта витрати знаходили з формул (1–3), приймаючи значення коефіцієнта кінетичної енергії $\alpha=1,05$. Одержані результати представлено у вигляді графічної залежності коефіцієнта витрати m від відносної ширини порогу \square/H (рис. 2).

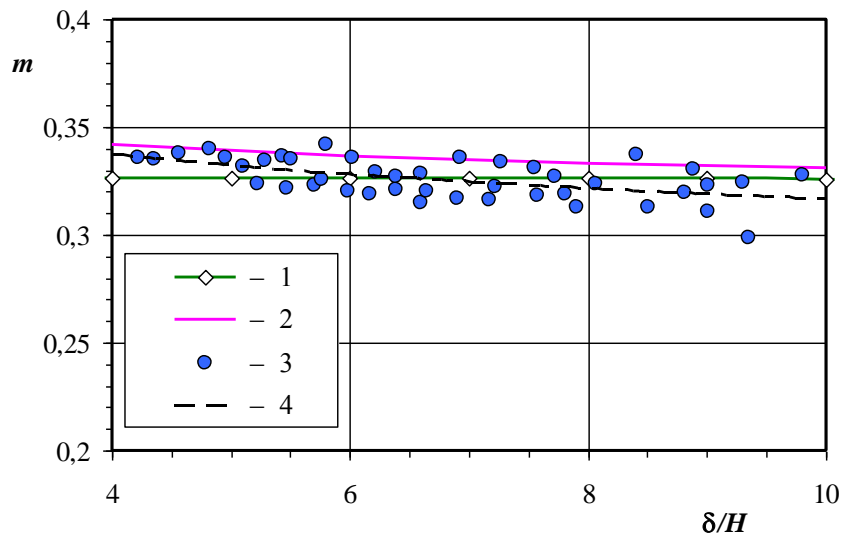


Рисунок 2. Залежності коефіцієнта витрати ВШП з $\square/C_6=4$ від відносної ширини порогу \square/H : 1 – за Хагером [95]; 2 – за Кумінім [96, 97]; 3 – експериментальні результати; 4 – лінія тренду (7)

Отримані експериментальні результати добре описуються степеневою функцією:

$$m = 0,372 \cdot (C_6/H)^{-0,070}. \quad (7)$$

Експериментальні результати вказують на те, що коефіцієнт витрати водозливів з широким порогом залежить як від висоти водозливної стінки, так і від ширини порогу. Отримано степеневу залежність (7) для ВШП з співвідношенням ширини порогу та висоти стінки $\square/C_6=4$ для діапазону значень відносної ширини порогу $4 < \square/H < 10$. Для отримання універсальної залежності $m = f(\square/H, C_6/H)$ є необхідність в узагальненні результатів для ВШП з іншими співвідношеннями ширини порогу та висоти стінки.

4.4 stormwater hydrographs from the rectangular impervious subcatchments modelled by the modified three-dimensional sector method

Останні десятиліття у більшості країн Світу зростають частота і масштаби затоплення забудованих територій [99, 100]. Однією з найважливіших причин такого стану справ є інтенсивний процес урбанізації. Згідно з даними ООН, станом на 2018 рік 55 % мешканців Землі проживали в містах, а загальна площа забудованих територій у Світі складала біля 3 % від загальної площі суші.

Попередження та мінімізація наслідків від затоплення міст пов'язані з вирішенням комплексу наукових, проектних, будівельних та інженерно-захисних задач. Для науково-обґрунтованого керування дощовими водами необхідно мати достатньо детально розроблену та відкалібровану комп'ютерну гідрологічно-гидравлічну модель відповідного урбанізованого басейна стоку.

Формування поверхневого стоку з території урбанізованих басейнів стоку є складним багатофакторним процесом. На гідрографи дощових стічних вод впливають як кліматичні особливості регіону, так і ряд технічних параметрів, серед яких розміри басейна стоку в плані, геодезичний похил поверхні, коефіцієнт інфільтрації та коефіцієнт шорсткості покриття. Суттєвий вплив на формування стоку мають трасування та висотна схема водовідвідної мережі, а також наявність та параметри спеціальних регулювальних споруд [101, 103].

Моделювання дощового стоку з довільного урбанізованого басейна стоку починається з гідрографів стоку з поверхні усіх його підбасейнів. Найбільш поширеними методами моделювання гідрографів поверхневого стоку є метод нелінійного резервуара [101, 103] та метод кінематичної хвилі в різних його модифікаціях [102, 104, 105, 106].

Відсутність строгих аналітичних розв'язків проблеми та значна кількість спрощень в існуючих методах обумовлюють актуальність пошуку нових, більш досконалих методів моделювання поверхневого стоку [107, 108, 109]. В останні десятиліття були розроблені гідравлічно-обґрунтовані методи, які дозволяють врахувати особливості конфігурації підбасейнів стоку та збіжний характер будь-

якого поверхневого потоку дощових вод у напрямку до дощоприймача. Зокрема, це метод проф. Акана [104], а також секторний метод [105, 106], що є модифікаціями методу кінематичної хвилі. Незважаючи на добре теоретичне підґрунтя цих методів, вони все ще містять одне достатньо грубе спрощення щодо постійного значення похилу по всій території підбасейна стоку. Таке припущення справедливо лише для поверхонь конічного типу, які вкрай рідко зустрічаються на практиці. Якщо ж розглядати найпоширеніші сплановані плоскі поверхні, то поздовжній похил у кожній точці такого підбасейна є різним та залежить від висотної схеми підбасейна та координат точки.

Модифікований тривимірний (3D) секторний метод, розроблений для моделювання поверхневого стоку з малих урбанізованих підбасейнів стоку, дозволяє врахувати фактичний змінний похил місцевості залежно від розмірів та форми підбасейна в плані, а також від фактичних висотних позначок вузлових точок.

Чисельна реалізація модифікованого 3D-секторного методу полягає в автоматичному розділенні підбасейна стоку на велику кількість малих секторів з вершиною в місці розташування дощоприймача та з різним для кожного сектора поздовжнім похилом. Для виділення лише гідравлічної частини задачі моделювання досліджено повністю водонепроникні підбасейни стоку з відсутніми втратами води на початкове затримання та на випаровування, тобто підбасейни стоку з постійним значенням коефіцієнта стоку $\psi = 1$. Розглянуто підбасейни прямокутної форми в плані з різним співвідношенням довжин сторін L/b . Площа досліджених підбасейнів відповідає типовим значенням для ділянок, які обслуговуються одним дощоприймальним пристроєм, і становить, як правило, в межах від 400 м² до 2500 м².

Інтенсивність випадання 20-хвилинного дощу з періодом одноразового перевищення $P = 1$ рік прийнята рівною $q_{20} = 100$ л/(с×га), а показник степеня $n = 0,73$, що відповідає середнім в Україні показникам згідно чинного нормативного документу ДБН В.2.5-75:2013.

Чисельні експерименти підтвердили основні якісні результати, отримані за простим секторним методом [110]. Зокрема, для прямокутних підбасейнів фіксованої площі максимальна секундна витрата стоку та мінімальний час концентрації відповідають квадратним підбасейнам, для яких радіус концентрації є найменшим. Разом з тим, числові значення часу концентрації за 3D-секторним методом суттєво менші, ніж за простим секторним методом, а пікові витрати, відповідно, – більші.

На рис. 1 наведено гідрографи стоку з середнього за площею квадратного підбасейна стоку площею 1600 м² для вказаних вище умов за значення коефіцієнта шорсткості поверхні $n_1 = 0,015$ та різних значень базового поздовжнього похилу i_0 .

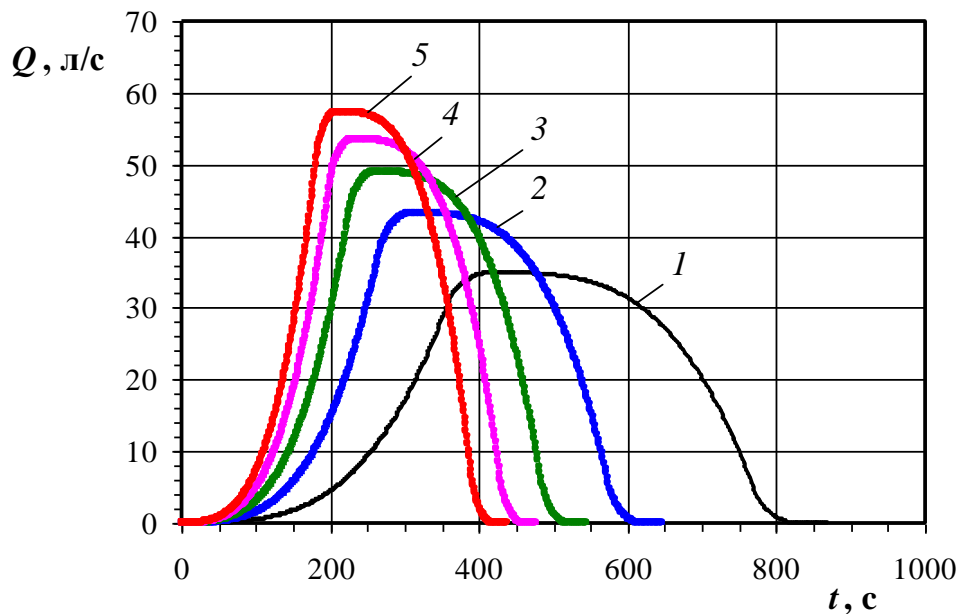


Рис. 1. Гідрографи дощового стоку з водонепроникного підбасейна стоку розміром 40×40 м, отримані за 3D-секторним методом для значень базового похилу i_0 : 1 – 0,005; 2 – 0,01; 3 – 0,015; 4 – 0,02; 5 – 0,025

($q_{20} = 100$ л/(с×га); $P = 1$ рік; $n=0,73$; $n_1 = 0,015$; $\psi = 1$)

Порівняння гідрографів стоку з водонепроникних малих урбанізованих басейнів стоку вказує на суттєву різницю в результатах моделювання за методом нелінійного резервуару, який використовують в програмі SWMM, а

також за простим секторним і 3D-секторним методами. Вплив методу на гідрографи стоку показано на прикладі типового квадратного підбасейна стоку (рис. 2). Час концентрації за 3D-секторним методом у 1,158 рази менший, порівняно з двома іншими методами. Максимальна секундна витрата поверхневого стоку за 3D-секторним методом перевищує відповідне значення за простим секторним методом в 1,113 рази, а за методом нелінійного резервуару – в 1,438 рази. Важливо, що ці співвідношення залишаються сталими для різних значень розмірів підбасейна, базового поздовжнього похилу та коефіцієнта шорсткості поверхні. Гідрографи стоку за модифікованим 3D-секторним методом є геометрично подібними до гідрографів, отриманих за простим секторним методом, з відповідними коефіцієнтами подібності по осях абсцис та ординат. Гідрографи за методом нелінійного резервуару більш розтягнуті в часі та характеризуються значно меншими піковими витратами.

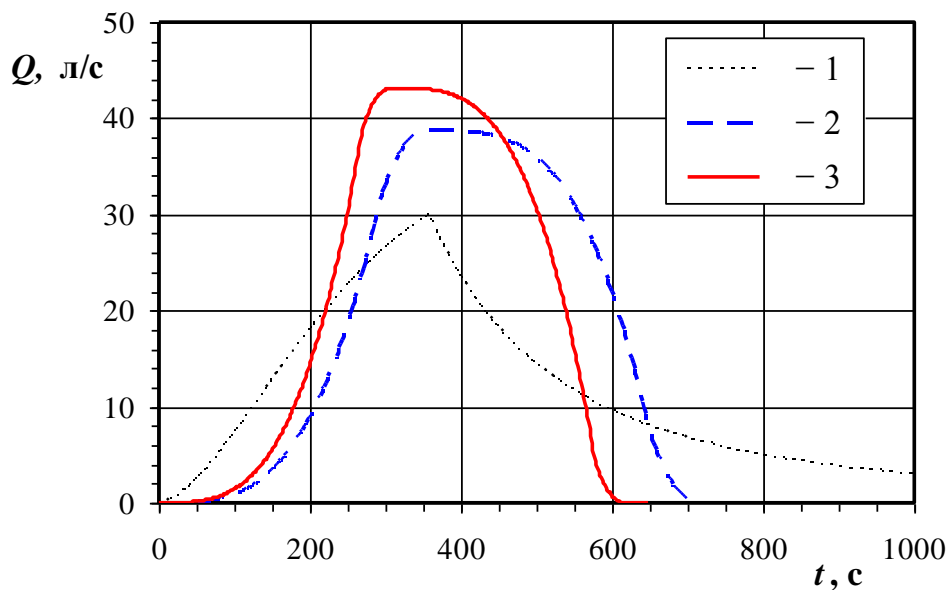


Рис. 2. Гідрографи поверхневого стоку з квадратних підбасейнів стоку розміром 40×40 м, отримані за: 1 – методом нелінійного резервуару; 2 – секторним методом; 3 – модифікованим тривимірним секторним методом ($q_{20} = 100$ л/(с×га); $P = 1$ рік; $n = 0,73$; $n_1 = 0,015$; $i_0 = 0,01$; $\psi = 1$)

Зміна витрати притоку в часі на першому етапі гідрографа (під час випадання дощу) за 3D-секторним методом якісно подібна до зміни за простим

секторним методом, та достатньо точно описується степеневими функціями виду $Q = k t^x$, але зростання витрати за 3D-секторним методом є більш стрімким. Показник степеня x для обох методів становить близько 3,33, тоді як коефіцієнт k за 3D-секторним методом в 1,6–1,7 рази більший, ніж для простого секторного методу.

Обидва секторних методи, на відміну від методу нелінійного резервуару, характеризуються плавною зміною витрати в момент припинення розрахункового дощу та наявністю одразу по закінченні дощу майже горизонтальної ділянки гідрографів, але тривалість цієї ділянки для 3D-секторного методу є помітно (близько 16 %) коротшою. Загалом заключні етапи гідрографів стоку для критичних дощів з тривалістю, що дорівнює часові концентрації, за обома секторними методами є обернено симетричними до їх перших етапів, тоді як за методом нелінійного резервуару ця частина гідрографів характеризується повільним і дуже тривалим зменшенням витрати стоку в контрольному перерізі, що є наслідком гіпотези щодо постійної глибини поверхневого потоку по всій території підбасейна стоку.

Отримана різниця в параметрах гідрографів поверхневого стоку має суттєве значення з точки зору точності гідравлічного моделювання всіх наступних елементів систем дощового водовідведення, зокрема, водовідвідних трубопроводів та спеціальних регулювальних споруд. Перевагами 3D-секторного методу є врахування довільної реальної конфігурації та висотної схеми урбанізованого підбасейна стоку.

SECTION 5 ENERGY

5.1 відкладення та контроль стабільності охолодної води

Оборотні системи охолодження (ОСО) є найбільш ефективними елементами технології водопостачання ТЕС і АЕС [111-114] щодо раціонального використання води і зменшення хімічного та теплового забруднень водного басейну. Однак, внаслідок випаровування води та зв'язаного з цим концентруванням солей, а також неоднорідного гідродинамічного режиму у водоводах та охолоджувачах, ОСО мають специфічні проблеми при експлуатації [112, 113]:

- 1) карбонатні, сульфатні та силікатні відкладення на теплообмінних поверхнях і водоводах внаслідок концентрування відповідних компонентів;
- 2) обростання елементів конструкцій грибами, мікроскопічними водоростями та дрейсною – результат підвищеної температури охолодної води (ОВ);
- 3) механічні відкладення дисперсних твердих домішок у гідродинамічно застійних зонах.

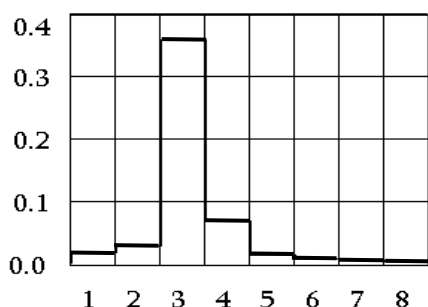


Рис. 1. Відносний склад відкладень на трубках конденсаторів за даними 22-х електростанцій [3]: 1 – SiO₂, 2 – Fe₂O₃, 3 – CaCO₃, 4 – органічні сполуки, 5 – MgCO₃, 6 – CaSO₄, 7 – CaO, 8 – P₂O₅.

Оскільки як охолодні використовуються поверхневі води, які є переважно кальцій-гідрокарбонатними системами (КГКС), то основними забруднювачами поверхонь теплообміну є відкладення малорозчинних солей типу CaCO₃ див. рис. 1 та [113].

Методи боротьби з відкладеннями можна поділити на:

- реагентні (підкислення, вапнування, рекарбонізація, фосфатування, добавка стабілізаторів жорсткості).

- безреагентні (фільтрування, механічна очистка теплообмінників, варіація швидкісного режиму ОВ, абразивні присадки, термосушки, дія фізичних полів, методи розбавлення (продувки)).

Ці методи [5-7], переважно використовуються комплексно, залежно від фізико-хімічних параметрів води підживлення, оборотної води та величини коефіцієнта концентрування солей $k = C_{Cl}/C_{Cl 0}$, де C_{Cl} , $C_{Cl 0}$ – концентрації хлоридів в ОВ та воді підживлення.

Через те, що відкладення мають коефіцієнт теплопровідності у десятки разів нижчий ніж у конструкційних матеріалів (для матеріалу МНЖ 5-1 $\lambda = 135 \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, а відкладень див. табл. 1), навіть його тонкий шар може призвести до суттєвого зменшення ККД енергоустановок

Таблиця 1.

Теплофізичні властивості відкладень [118]

Види відкладень	Теплофізичні властивості	Теплопровідн., Вт/(м·К)	Теплоємність, кДж/(кг·К)	Густина, кг/м ³
Відкладення оборотної води розливних машин чавуну		1,3	0,9	1830
Відкладення на поверхні трубопровода печі ЭСПЦ-20ВГ		1,3	0,88	2280
Відкладення в трубках конденсаторів ТЕЦ		1,9	0,88	2230
Відкладення після фосфатування		0,9	0,83	1670
Відкладення захисної карбонатної плівки		1,3	0,91	2380
Відкладення в газопроводі		1,2	0,84	1800
Відкладення після гідроциклонів (г/ц) газоочистки доменних печей (г/о ДП)		1,4	0,9	2707
Шлам випареної води г/о ДП		1,3	0,63	1570
Відкладення після г/ц оборотного циклу водопостачання г/о ДП з $K_y = 5,26$		1,8	0,91	2736
Тверді карбонатні відкладення		2,4	0,99	2380
Слизисті відкладення органічної природи		0,7	3,46	1107

Желеподібні відкладення кремній-органічної природи	0,9	3,90	1236
Відкладення після г/ц оборотного циклу водопостачання аглофабрики з $K_y = 2,62$	1,4	0,88	2698

Звертаємо увагу на дані табл. 1, з яких випливає, що *желеподібні органічні та кремнієві відкладення* є небезпечнішими щодо втрати ККД теплообмінників ніж тверді карбонатні, оскільки їх коефіцієнти теплопровідності у **1.5 – 2.5** раз менші від карбонатних відкладень. Тому шар таких відкладень товщиною $\Delta l_v = (0.5-1.3)$ мм еквівалентний щодо втрат коефіцієнта теплопровідності на шарі карбонатних відкладень $(0.75 – 3.2)$ мм. Це наводить на думку, що ефективність *кулькової очистки конденсаторів турбін* визначається саме усуненням м'яких желеподібних відкладень різної природи. Коефіцієнт теплопровідності стінки товщиною $l_{ст}$, яка покрита шаром відкладень товщиною x , дається виразом [9]:

$$\lambda(x) = \frac{\lambda_{ст}}{\frac{l_{ст}}{l_{ст} + x} + \frac{x}{l_{ст} + x} \cdot \frac{\lambda_{ст}}{\lambda_v}} \quad (1)$$

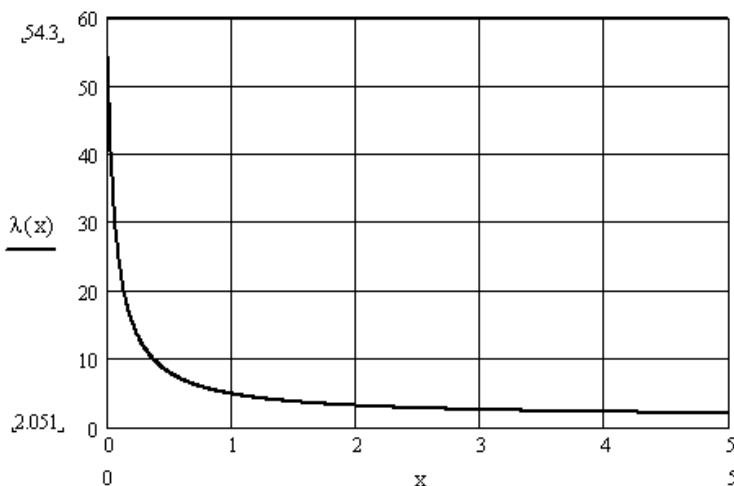


Рис. 2. Залежність теплопровідності стінки ТО зі сталі 20, $\lambda_{ст} = 54.3$, покритої відкладеннями з $\lambda_v = 1.7$ Вт/м·К, товщиною x мм.

Оскільки $\lambda_v \ll \lambda_{ст}$, то величина теплопровідності «*стінка+відкладення*» помітно зменшується навіть при малій товщині відкладень. Результат розрахунку за (1) показаний на рис. 2. Бачимо, що відкладення товщиною $x \approx 1$ мм знижують теплопровідність стінки у 10 раз. Відкладення на трубних

системах котлів призводять до "перепалу" палива, а трубної системи конденсаторів турбін (КТ) до підвищення температури в паровому просторі КТ і тиску в ньому. Приріст температури δt_n у паровому просторі КТ блока К-300-240 залежно від товщини відкладень за умови, що коефіцієнт теплопередачі

чистої трубної системи $K_0=1900 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, $\lambda_b = 1.5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, перепад температури між паром та ОВ $t_{\text{п}} - t_{\text{в}} = 12^\circ\text{С}$, показано на рис. 3. Бачимо, що швидкість приросту температури конденсації пари щодо товщини відкладень

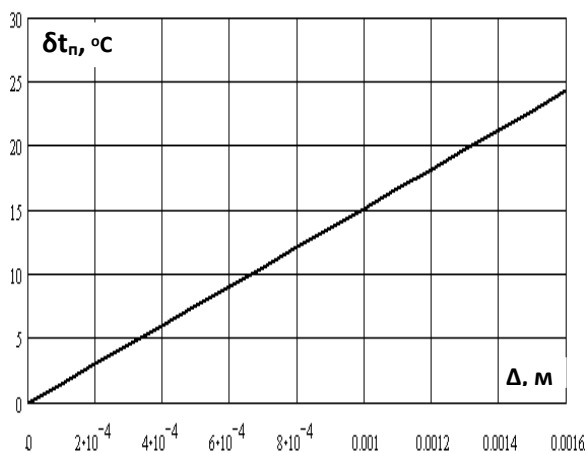


Рис. 3. Залежність приросту температури, δt_n , в паровому просторі КТ від товщини Δ

рівна $+15^\circ\text{C}/\text{мм}$.

Шар відкладень 1.6мм призводить до зростання температурного напору в КТ на 25°C і відповідного зниження ККД блока. За даними рис. 3 та таблицями стану насиченої пари розраховуємо залежність тиску в паровому просторі КТ від товщини відкладень. Її представимо у вигляді інтерполяційної формули [119]:

$$p_2(\delta) = 10^{-3} \cdot [13.039 - 0.68 \cdot t(\delta) + 0.0133 \cdot t(\delta)^2] \text{ МПа. } t(\delta) = 30 + \delta t, \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (3)$$

За цією залежністю розрахована втрата електричного ККД брутто блока К - 300-240 від товщини відкладень. Результат показано на рис. 4. Бачимо, що відкладення товщиною $\approx 1\text{мм}$ зменшують ККД блока на $\approx 1.5\%$.

Звертаємо увагу на те, що еквівалентом карбонатних відкладень $\Delta_{\text{в}} = 1\text{мм}$ щодо приросту температури є органічні желеподібні відкладення з товщиною всього 0.5мм, див. табл. 1. Такі відкладення практично **не фіксуються експлуатаційним персоналом і вважаються безпечними**. Швидкість росту відкладень залежить не лише від хімічного складу та індексу перенасичення розчину, а й від стану поверхонь теплообміну і швидкості потоку в теплообмінниках [111,119].

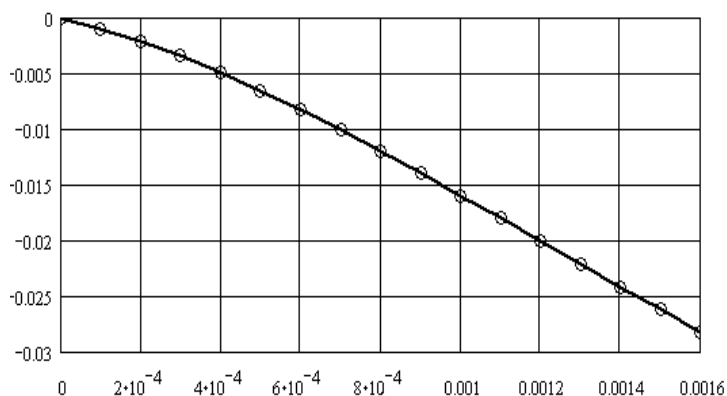


Рис. 4. Залежність зміни електричного ККД блока К-300-240 від товщини шару відкладень на трубній системі КТ. Зауважимо, що товщина відкладень 1мм знижує ККД блока приблизно на 1.5%.

Процес утворення солевих відкладень складається з кількох етапів:

- досягнення критичного перенасичення у пристінному шарі трубок ТО;
- виділення твердого CaCO_3 на поверхні трубок;
- структурні перетворення відкладень на поверхні;
- гідродинамічна ерозія відкладень.

Спрощене рівняння для швидкості росту відкладень має вигляд,

$$\frac{dM}{dt} = k_{\text{кр}} \cdot [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{HCO}_3^-] + \sum_i R_i - a_1 \cdot \frac{\tau_{\text{тр}}(\omega)}{\tau_{\text{кр}}} \cdot \frac{1}{1+e^{-a_3 t}} - a_2 \cdot \omega, \text{ г-моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{год.}), \quad (4)$$

де $k_{\text{кр}}$ – кінетична константа кристалізації, $\text{м}^4/(\text{г-іон} \cdot \text{год.})$; R_i – швидкість росту відкладень завдяки іншим факторам; a_1 , a_2 , a_3 – коефіцієнти; $\tau_{\text{тр}}(\omega)$ – дотичні сили гідродинамічного тертя, які залежать від усередненої швидкості потоку ω ; $\tau_{\text{кр}}$ – критична міцність відкладень. Якщо інші фактори відсутні та швидкість води мала, то другим - четвертим членами в (4) можна знехтувати.

Застосування інгібіторів відкладень стабілізує ОВ (зменшує константу $k_{\text{кр}}$), а також, диспергує колоїдну речовину зародків твердого (ЗТ), зменшує $\tau_{\text{кр}}$ та гальмує подальші відкладення CaCO_3 .

Гідродинамічне розмивання відкладень залежить від величини $\tau/\tau_{\text{кр}}$ та величини i і характеру швидкості потоку ω . У теплообмінниках (ТО) з високою швидкістю чи з пульсуючим потоком, особливо у випадку застосування диспергантів та абразивних присадок, відкладення руйнуються і їх швидкість росту може знижуватись до прийнятної величини. Отже, як впливає з (4), чистоту трубок ТО, наприклад, конденсаторів турбін (КТ) в ОСО можна підтримувати завдяки:

- стабілізації оборотної води інгібіторами відкладень;
- застосуванню диспергантів;
- заміною карбонатної жорсткості на постійну, тобто добавкою в ОВ сильних кислот, наприклад, соляної чи сірчаної;
- збільшенню швидкості потоку води у трубках КТ та її турбулізації (пульсуючий режим течії).

Загалом, прийнятною є швидкість росту відкладень, яка менша 0.5мм/рік. При вищих швидкостях росту відкладень коефіцієнти теплопередачі ТО

обладнання помітно зменшуються, що на електростанціях призводить до зниження виробітку електроенергії та значних економічних втрат.

Для характеристики стану ОВ щодо відкладень використовують індекс перенасичення ОВ щодо карбонату кальцію SI та індекс Ланжельє LI [120],

$$SI = \frac{K_1(t) \cdot K_2(t) \cdot (Ca^{2+}) \cdot (CO_2)}{L_{CaCO_3} \cdot 10^{-2pH}}, \quad LI = -\text{Log} \left[\frac{(H^+)}{(H^+_{кр})} \right], \quad (5)$$

K_1 , K_2 – термодинамічні константи дисоціації вугільної кислоти першого та другого ступенів, (...) активності відповідних іонів, γ -іон/дм³, L_{CaCO_3} – добуток розчинності CaCO₃. Розрахунки щомісячних значень SI та LI для ОВ однієї з електростанцій України показані на рис. 5.

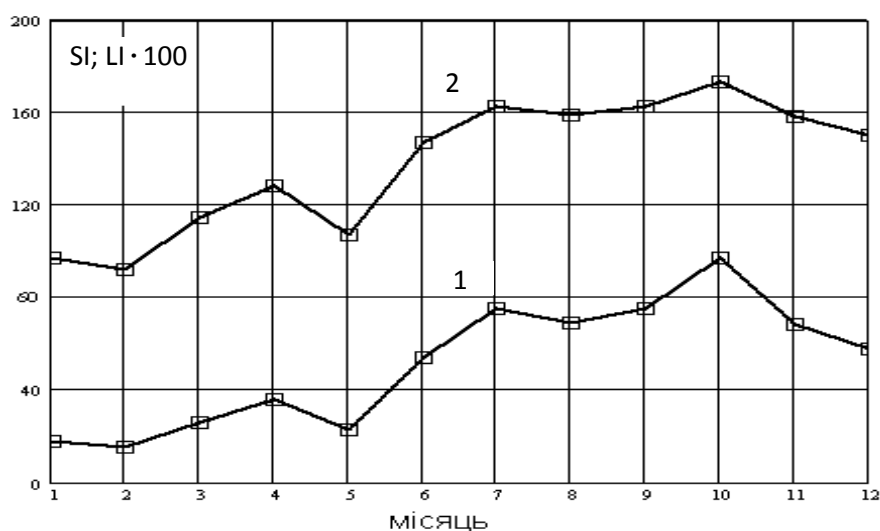


Рис. 5. Залежність індексів перенасичення (SI, крива 1) і Ланжельє (LI, крива 2) від номера місяця.

Бачимо симбатну поведінку обох індексів. Оборотна вода має найбільшу здатність до виділення твердого CaCO₃ в період з 5-го по 11 місяці.

Саме індекси (5) використовують для характеристики стабільності ОВ в керівних документах з експлуатації ОСО та стандартах [120]. Проте вони обидва дають лише якісну характеристику ОВ щодо відкладень, а для розробки ефективних заходів зменшення швидкості росту відкладень необхідно знати кількісну характеристику стабільності ОВ.

У Фізико-технологічній лабораторії водних систем [119,121-123] розроблено лабораторну методику кількісного визначення стабільності ОВ, яка

ґрунтується на випарюванні половини проби ОВ при температурі (60-70)°C і характеризується індексом стабільності,

$$\text{StI} = \frac{C_{\text{Ca}}(t)}{C_{\text{Ca}}(0) \cdot k(t)} \rightarrow \frac{C_{\text{Ca}}(t_{0.5})}{C_{\text{Ca}}(0) \cdot k_{0.5}} = \frac{C_{\text{Ca}}(t_{0.5})}{C_{\text{Ca}}(0) \cdot 2}; \text{PrI} = 1 - \frac{C_{\text{Ca}}(t)}{C_{\text{Ca}}(0) \cdot k(t)} = 1 - \text{StI}. \quad (6)$$

StI – індекс стабільності води, PrI – індекс відкладень (нестабільності); $C_{\text{Ca}}(t)$, $C_{\text{Ca}}(0)$, $C_{\text{Ca}}(t_{0.5})$ – відповідно концентрації іонів кальцію в момент часу t , початковий момент $t = 0$ та в момент припинення випарювання половини об'єму проби, $k(t)$ – ступінь випарювання води, $k(t) = V(0)/V(t)$; $V(0)$, $V(t)$ – початковий об'єм проби води та в момент часу t .

Очевидно, див. (6), що обидва індекси StI та PrI взаємопов'язані,

$$\text{StI} + \text{PrI} = 1. \quad (7)$$

Для оборотної води ОСО оперативна величина індексу стабільності означається аналогічно до (6) лише зміст концентрацій дещо інший [119,122],

$$\text{StI}(t) = \frac{C_{\text{Ca}}(t)}{C_{\text{Ca0}}(t) \cdot k(t)} \rightarrow \frac{C_{\text{Ca}}(t)}{C_{\text{Ca0}}(t)} \cdot \frac{C_{\text{Cl}}(t)}{C_{\text{Cl0}}(t)}, \quad (8)$$

$C_{\text{Ca}}(t)$, $C_{\text{Cl}}(t)$ - відповідно концентрації іонів кальцію та хлоридів в ОВ в момент часу t ; $C_{\text{Ca0}}(t)$, $C_{\text{Cl0}}(t)$ – ті ж концентрації у воді підживлення ОСО на той же час.

Зауважимо, що в нормативних документах для АЕС та ТЕС [120,124] ступінь стабільності ОВ рекомендують визначати, використовуючи не концентрацію іонів кальцію, а жорсткість ОВ. Нагадаємо, що жорсткість води J це сума концентрацій іонів кальцію та магнію,

$$J = C_{\text{Ca}} + C_{\text{Mg}}.$$

Проте магнезит MgCO_3 має приблизно у 150-200 раз розчинність більшу ніж кальцит CaCO_3 і в процесі концентрування солей при роботі ОСО за однакових умов практично не утворює твердих відкладень, див. також рис.1. Тому в ОВ іони Mg^{2+} концентруються подібно до хлоридів і відношення до утворення відкладень вони не мають. Це бачимо з рис. 6 на якому за даними для ОВ, що відповідають рис. 5, показані коефіцієнти концентрування за магнієм та хлоридами. Незначна розбіжність величин k_{Cl} та k_{Mg} знаходиться в

межах похибки вимірювання. Величин StI_{Ca} за (8) та визначені за загальною твердістю StI_I відповідно до для даних рис. 5, показані на рис. 7.

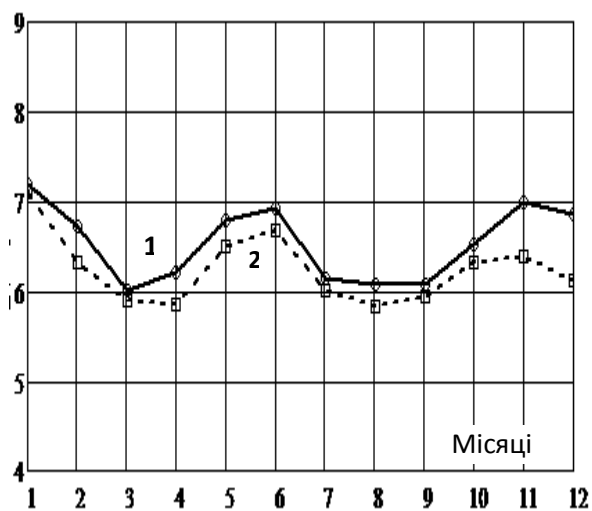


Рис. 6. Залежності коефіцієнтів концентрування солей за хлоридами k_{Cl} – крива 1 та за магнієм k_{Mg} – крива 2 від номера місяця.

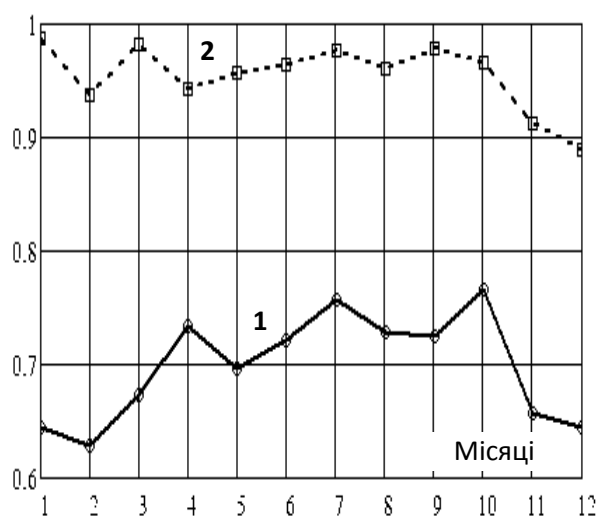


Рис. 7. Залежності StI_{Ca} , за формулою (5), крива 1 та StI_I – крива 2 від номеру місяця.

Бачимо, що визначення стабільності ОВ за жорсткістю переоцінює реальну стабільність на (15-25)% і дезорієнтує експлуатаційний персонал.

Порівняємо дані рис. 5 та криву 1 на рис. 7. Бачимо їх симбатну поведінку, що вказує на правильне відображення індексами насичення та Ланжелє тенденції щодо відкладень з ОВ. Проте у першому випадку, за даними рис. 5, ми можемо лише стверджувати, що в першій половині року ОВ була більш схильною до відкладень ніж у другій, тоді як рис. 7, крива 1 дає кількісну інформацію проте, що стабільність ОВ в першій половині року була не вищою від 73%, а загалом вона не перевищувала 75%. Це значить, що у *листопаді – лютому* лише 65% іонів Ca^{2+} знаходилось у розчині, а 35% виділилося у твердій формі здатній утворювати відкладення. Отже заходи щодо стабілізації ОВ у цей період були недостатніми і потрібно було б, наприклад, додавати у воду підживлення сильні кислоти, наприклад, сірчану.

Концентрацію кислоти можна визначити, використовуючи (8). Для цього приймемо до уваги, що кожний грам-іон кислоти зв'язує еквівалентну кількість іонів кальцію, тобто концентрація кислоти C_k у живильній воді визначається за формулою,

$$C_{k0}(t) = C_{Ca0}(t) \cdot [\max StI - StI(t)], \quad (9)$$

$\max StI$ – максимальний (бажаний персоналом) індекс стабільності ОВ.

Прийнявши $\max StI = 0.9$ за даними рис. 7, крива 1, розраховано необхідну концентрацію H_2SO_4 в живильній воді, яка достатня, щоб довести стабільність води від існуючої рис. 7, крива 1, до величини 0.9 (90%). Результат розрахунку показано на рис. 8.

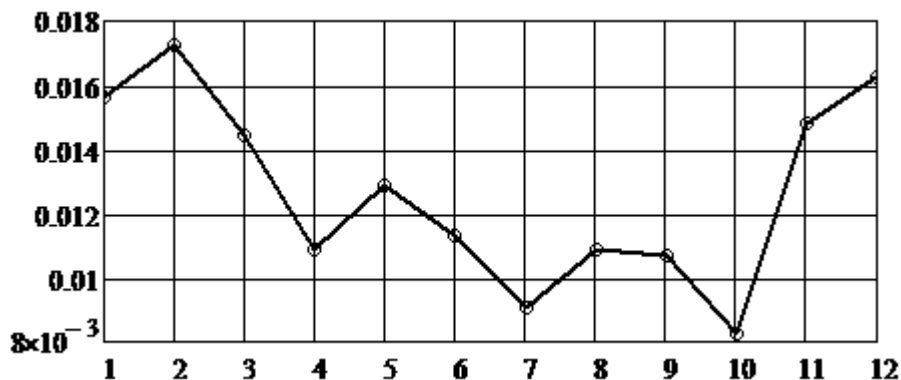


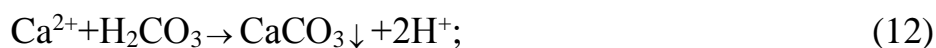
Рис. 8. Залежність концентрації кислоти H_2SO_4 (100%) у живильній воді, кг/м³, від номеру місяця достатньої для забезпечення 90% стабілізації ОВ.

Бачимо, що концентрація кислоти змінюється залежно від поточної стабільності ОВ в межах від 8 до 17 г/м³. Таким чином, застосовуючи запропоновану тут методику визначення стабільності ОВ, можна оперативно регулювати дозування інгібіторів та підкислення води підживлення і уникати перевитрату реагентів і надлишкового забруднення довкілля.

Зауважимо, що мала концентрація додаваної кислоти пояснюється частковою стабілізацією ОВ, наприклад, інгібіторами і має індекс стабільності, показаний на рис. 7, крива 1.

Щоб розробити ефективні засоби протидії карбонатним відкладенням необхідно вивчити поведінку КГКС у різноманітних умовах, які імітують роботу реальних ОСО. Особливо це стосується дослідження кінетики виділення твердого $CaCO_3$, який, як показано в роботах [113,121,125], є основою відкладень на поверхнях теплообміну. Кристалізація карбонату кальцію $CaCO_3$ супроводжується рядом паралельно-послідовних хімічних реакцій і лише їх комплексне врахування дає адекватний опис такого процесу. Наприклад, кристалізацію $CaCO_3$ можна описати декількома схемами [126]:





Згідно [112,127] кристалізація CaCO_3 завдячує перетворенню гідрокарбонату кальцію в карбонат кальцію. Механізм такого перетворення на думку авторів повинен включати і нехімічні стадії такі, як масопередачу CO_2 з рідкої фази у газову, масопередачу CaCO_3 з рідкої фази у тверду та ряд зворотних послідовно-паралельних хімічних реакцій в рідкій фазі, див. (10)-(14).

Бачимо, що кристалізація карбонату кальцію, не може бути адекватно описана за допомогою емпіричних однопараметричних рівнянь. Експериментальні дослідження механізму кінетики кристалізації CaCO_3 повинні базуватись на одночасному вимірюванні основних параметрів цього фізико-хімічного процесу [128]. Важливо, щоб вимірювання параметрів водної системи при таких дослідженнях не збурювали її стану.

Для досліджень, незбурюючих стан КГКС ОСО, у Фізико-технологічній лабораторії (ФТЛВС) Національного університету водного господарства і природокористування (НУВГП) у м. Рівному розроблений багатопараметричний автоматизований аналізатор водних систем (БААВС) та виготовлений його дослідний зразок [129-133].

Комплекс БААВС призначений для вивчення явищ у КГКС, що виникають при різних фізико-хімічних процесах (сатурації-дегазації КГКС CO_2 , виділенні твердого CaCO_3 , його розчиненні та ін.).

Особливістю БААВС є можливість квазінеперервних незбурюючих стан КГКС вимірювань фізико-хімічних величин, а також дослідження поведінки цих систем під впливом зовнішніх фізичних полів. Блок схема БААВС показана на рис. 9 [112, 121, 130]. В комплектації на рис. 9 аналізатор за допомогою електрохімічних давачів (іон- і газочутливих електродів) одночасно вимірює вісім фізико-хімічних величин, що подані в табл. 2.

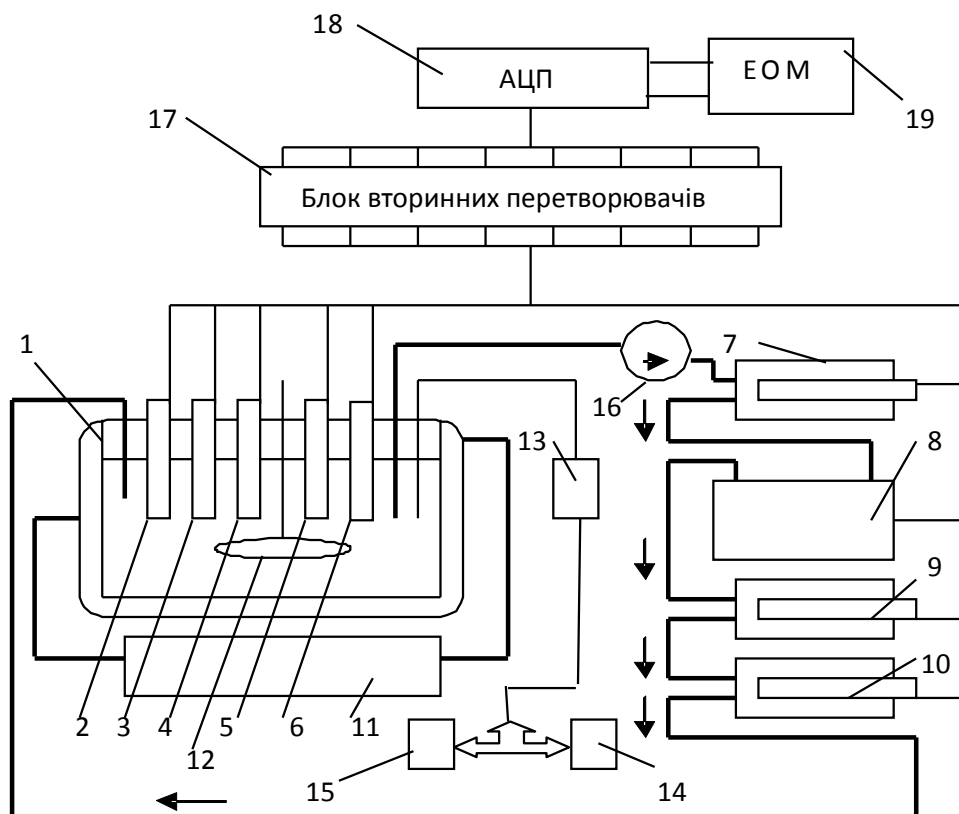


Рис. 9. Блок-схема вимірювального комплексу БААВС.

1 - термостатована комірка (реактор); 2 – електрод порівняння; 3-- *pH*-давач; 4 - *Eh*-давач; 5 - *pCa*-давач; 6 - давач температури; 7- давач кон-центрації O_2 ; 8 - фотоелектричний давач; 9- давач електропровідності; 10- давач pCO_2 ; 11- термостат; 12- механічна мішалка; 13- газовий ротаметр; 14 - мікрокомпресор з розпилювачем; 15 - балони з CO_2 та азотом; 16 – пе-ристальтичні насоси; 17- вторинні перетворювач сигналів; 18 – АЦП; 19 –ЕОМ.

Вимірювання на БААВС виконуються в автоматизованому режимі відповідно до заданої програми опитування пакету давачів з попередньою статистичною обробкою сигналів та термостатуванням досліджуваного розчину. Результати вимірювань виводяться на дисплей комп'ютера у вигляді графіків зміни контрольованих величин та формуються у вигляді файлів даних. Це дозволяє у реальному часі відслідковувати деталі протікання процесів у КГКС, які супроводжують виділення твердого $CaCO_3$.

Таблиця 2
Величини вимірювані БААВС

№ п/п	Фізико-хімічні величини та показники якості водних систем	Одиниці вимірювання	Діапазон
1.	Кисень, O_2	$мг/дм^3$	0...20
2.	Показник діоксиду вуглецю, pCO_2	ум. од.	1,47...5
3.	Водневий показник, pH	ум. од.	1...14
4.	Кальцієвий показник, pCa	ум. од.	1...4
5.	Окисно-відновний потенціал, Eh	$мВ$	± 2000
6.	Електропровідність, χ	$мкСм/см$	0,1...1000
7.	Світлопропускання, T	%	0...100
8.	Температура, t	$^{\circ}C$	0...100

Одним з факторів, що лімітують використання електрохімічних давачів (іон- і газочутливих електродів), особливо в кінетичних дослідженнях, є час встановлення сигналу давача [131].

Для твердотільних мембран він може досягати 3-5 хв. і унеможливує дослідження швидкозмінних процесів. Сучасні теоретичні підходи [131] якісно описують зміну електродного потенціалу внаслідок зміни початкової активності до кінцевої, $a_{п} \rightarrow a_{к}$. Вони передбачають монотонну і асимптотичну зміну електрорушійної сили (ЕРС) давача від початкової величини $a_{п}$ при $t = 0$:

$$E(0) = E_{п} + S \cdot \log(a_{п}), \quad (15)$$

до кінцевої величини $a_{к}$ при $t \rightarrow \infty$:

$$E(\infty) = E_{п} + S \cdot \log(a_{к}). \quad (16)$$

На підставі експериментальних та теоретичних робіт, що стосуються іон-селективних електродів (ІСЕ) та мембранних систем, можна зробити висновок, що відповідальними за встановлення мембранного потенціалу є декілька процесів, що мають різні часові константи τ_n :

- 1) електричні релаксаційні процеси;
- 2) кінетика міжфазних реакцій;

3) дифузія через приграничний шар;

4) дифузія в середині мембрани.

4 Динамічна корекція даних pCO_2 та pH давачів

Припускаємо, що у загальному випадку первинний сигнал внаслідок перехідних процесів у давачі трансформується відповідно до процедури [130]

$$y(x) = \int_0^x D(x, x') \cdot k(x') \cdot dx', \quad (17)$$

$k(x)$ – первинний сигнал, $y(x)$ – сигнал трансформований давачем; $D(x, x')$ – функція редукції, яка описує перетворення сигналу давачем.

Якщо ядро інтегрального рівняння (17) сепарабельне, тобто його можна представити у вигляді

$$D(x, x') = f(x) \cdot g(x'), \quad (18)$$

то на підставі (18) можна розрахувати функцію $k(x)$, що відображає первинний сигнал. Результат такий:

$$k(x) = \frac{y(x)}{f(x) \cdot g(x)} \cdot \frac{d}{dt} \ln \left[\frac{y(x)}{f(x)} \right]. \quad (19)$$

Щоб знайти явний вигляд ядра $D(x, x')$, використаємо стандартний пороговий сигнал, який подаватимемо на давач. Відгук давача на цей сигнал дозволяє отримати явний вигляд ядра. Можна показати, див. нижче, що для

$$k_{st}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 1, & x \geq 0, \end{cases} \quad (20)$$

для pH та pCO_2 давачів відгуки на стандартні порогові сигнали даються виразами

$$y_{st}(x) = 1 - e^{-a \cdot x}, \text{ а звідси } D(x, x') = y_{st}'(x - x') = a \cdot e^{-a \cdot (x - x')}, \quad (21)$$

тобто $D(x, x')$ задовольняє умові (18). Внаслідок цього з (21) отримуємо вираз для скорегованого первинного сигналу, що подається на давач,

$$k(x) = y(x) + \frac{1}{a} \cdot y'(x). \quad (22)$$

a – параметр функції редукції сигналу; $y'(x)$ – похідна по часу від виміряного сигналу давача; x – час виміру. Параметри корекції визначали спеціальними

дослідами, використовували БААВС [130]. Встановлено, що параметр для $p\text{CO}_2$ давача $a_2 = 0.037\text{c}^{-1}$, а для рН $a_4 = 0.09\text{c}^{-1}$.

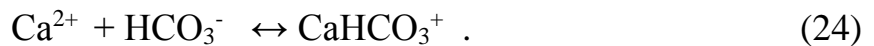
5 Випробовування БААВС

5.1 Методика випробувань [112,121]

Тест-експериментом для БААВС вибрана ініціація кристалізації CaCO_3 видаленням CO_2 з 0,01М розчину $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Модельний розчин $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ отримували розчиненням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ марки х.ч. у деіонізованій воді, пропускаючи через нього CO_2 . За таких умов спочатку утворюється гідрокарбонат кальцію:

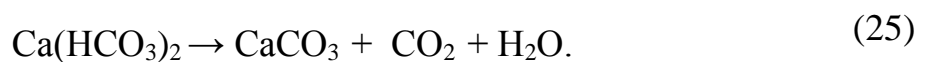


В умовах надлишку CO_2 , який супроводжується надлишком HCO_3^- , утворюються іони гідрокарбонату кальцію CaHCO_3^+ за реакцією:



Отже, основними компонентами модельного розчину, що утворився в результаті сатурації, є: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, Ca^{2+} , HCO_3^- , CaHCO_3^+ і CO_2 .

Випробування БААВС виконувалися у такій послідовності. Модельним розчином заповнювали систему (рис. 9), і за допомогою перистальтичних насосів 16 він циркулював у замкнутому контурі: вимірنا комірka 1, проточна кювета 7 з давачем O_2 , проточна кювета 8 для фотоколориметричних вимірювань, проточна кювета 9 з кондуктометричним давачем, проточна кювета з давачем 10 для вимірювання CO_2 . У процесі циркуляції розчину термостатом 11 встановлювалась температура $25 \pm 0,15^\circ\text{C}$ і на етапі сатурації через розчин пропускався вуглекислий газ з балона 15, витрата якого контролювалась газовим ротаметром 13. Протягом усього досліду розчин у кюветі перемішувався механічною мішалкою 12. Після досягнення необхідної температури та насичення розчину включали робочу програму вимірювань з періодом опитування давачів 67с та переключали систему в режим дегазації CO_2 і стимулювали кристалізацію CaCO_3 відповідно до рівняння:



Дегазацію виконували за допомогою мікрокомпресора 14 і контролювали газовим ротаметром 13.

Впродовж дослідів записувались такі параметри: час; електропровідність; світлопропускання; температура; показник активності іонів водню (pH); показник концентрації вуглекислоти (pCO₂); показник активності іонів кальцію (pCa); концентрація O₂; окисно-відновний потенціал (Eh).

5.2 Аналіз результатів випробувань

Системне дослідження КГКС в багатомірному факторному просторі дає можливість проаналізувати основні процеси, що відбуваються в ній протягом

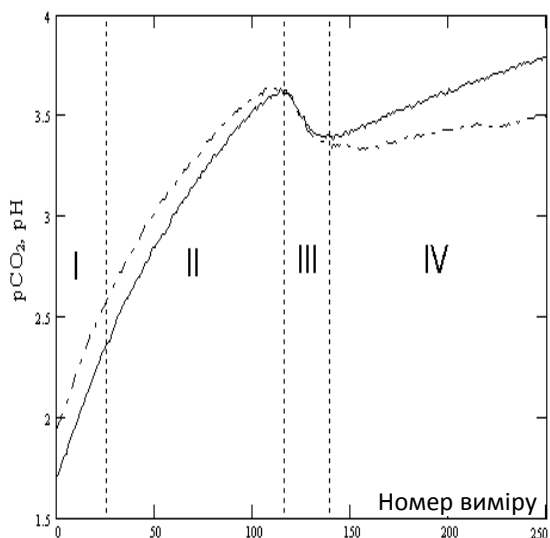


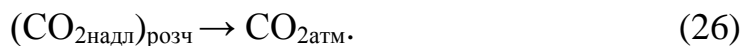
Рис. 10. Кінетика зміни рCO₂ – крива 1 і рСа (ум. од.) – крива 2.

дослідів і на підставі отриманих даних про взаємозв'язок різних фізико-хімічних величин перевірити роботу БААВС.

Оскільки незалежним параметром в досліді є концентрація CO₂, то саме з нею пов'язані зміни, що протікають в КГКС. З поведінки кривих на рис. 10 бачимо, що процеси, які протікають у системі при дегазації CO₂, можна умовно розділити на чотири етапи

[132]:

I етап пов'язаний з виносом надлишкового діоксиду вуглецю щодо рівноважної концентрації з іонами Ca²⁺



Евакуація надлишкової вуглекислоти є дифузійним процесом, який при малому впливі хімічних реакцій, відповідальних за внутрісистемну генерацію і знищення CO₂, приблизно описується кінетичним рівнянням

$$\frac{d(\text{CO}_2)_B}{dt} = a \cdot [(\text{CO}_2)_P - (\text{CO}_2)_B], \quad (27)$$

де C_B і C_P – мольні концентрації вільного діоксиду вуглецю у розчині та рівноважного щодо атмосфери, *a* – коефіцієнт дегазації Генрі.

На етапі, коли концентрація CO_2 у розчині далека від величини, що відповідає рівноважному парціальному тиску CO_2 атмосфери, залежність концентрації вуглекислого газу від часу повинна бути експоненціальною, що і спостерігається і залежність показника CO_2 ($\text{pCO}_2 = -\log(\text{CO}_2)$) від часу (номера виміру i) на першому етапі є майже лінійною. Показник концентрації іонів водню (рис. 10) збільшується пропорційно до pCO_2 (активність іонів водню зменшується), це пояснюється тим, що CO_2 і H^+ зв'язані реакцією



яка при дегазації зміщена вправо, і залежність pH , подібно до pCO_2 , лінійна.

Така зміна показника концентрації іонів водню на *першому етапі* пояснюється кінетикою pCO_2 , оскільки за даних умов можна вважати, що зміна концентрації іонів HCO_3^- незначна, порівняно з їх вмістом у розчині, а зменшення концентрації HCO_3^- компенсується реакцією,



яка супроводжується збільшенням активності іонів кальцію та гідрокарбонатів,

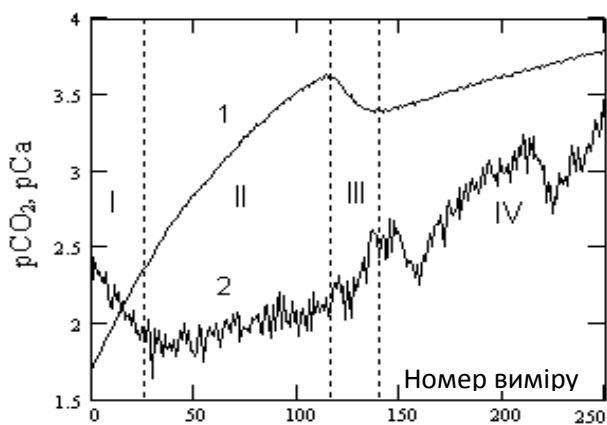


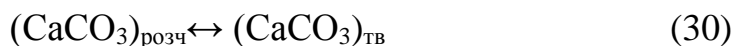
Рис. 11. Кінетика зміни pCO_2 , крива 1 та pCa , крива 2 (умовні один.).

див. рис.11. З рис. 11 бачимо, що на етапі I, де кінетика pCO_2 близька до лінійної, спостерігається зменшення pCa (збільшення його активності). На цьому етапі також бачимо ріст провідності (рис. 12), що можна пояснити розпадом CaHCO_3^+ , див. (29), завдяки якому збільшується

концентрація носіїв заряду – іонів Ca^{2+} і HCO_3^- .

II етап характерний утворенням перенасиченого, щодо CaCO_3 , розчину. Перехід системи до другого етапу відповідає максимальній величині активності іонів Ca^{2+} , тобто повному розпаду іонів CaHCO_3^+ (рис. 11) і зміні кінетик pCO_2 і pH . Перенасичений розчин CaCO_3 є суттєво нерівноважним щодо карбонату

кальцію у твердій фазі $(\text{CaCO}_3)_{\text{ТВ}}$ і карбонату кальцію у рідкій фазі $(\text{CaCO}_3)_{\text{розч.}}$.
Тобто рівновага

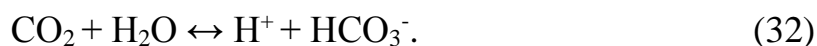


не виконується і SI, див. (5), неперервно зростає і може досягати значень > 100 .

Процес утворення перенасиченого розчину умовно представимо схемою,

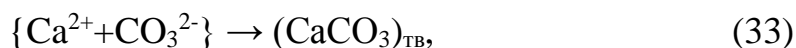


З якої випливає, що утворення перенасиченого розчину супроводжується зменшенням активності іонів кальцію, див. рис. 11. Що стосується відхилення залежностей рН і pCO_2 від лінійної з тенденцією сповільнення їх росту, то це пояснюється тим, що на цьому етапі, реакція (31) генерації CO_2 супроводжується реакцією

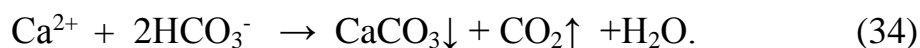


Зауважимо, що максимальним значенням кривих pCO_2 і рН, очевидно, відповідає максимальне перенасичення системи щодо CaCO_3 .

III етап - руйнування перенасичення розчину. На цьому етапі іонні пари, асоціати та інші комплекси переходять у тверду фазу $(\text{CaCO}_3)_{\text{ТВ}}$



а також відбувається інтенсивний ріст зародків твердого (ЗТ) CaCO_3 , що досягли критичних розмірів. Утворення твердого CaCO_3 описується рівнянням,



яке вказує на джерело утворення твердої фази $(\text{Ca}^{2+}$ і $\text{HCO}_3^-)$ в процесі масової кристалізації. Особливість

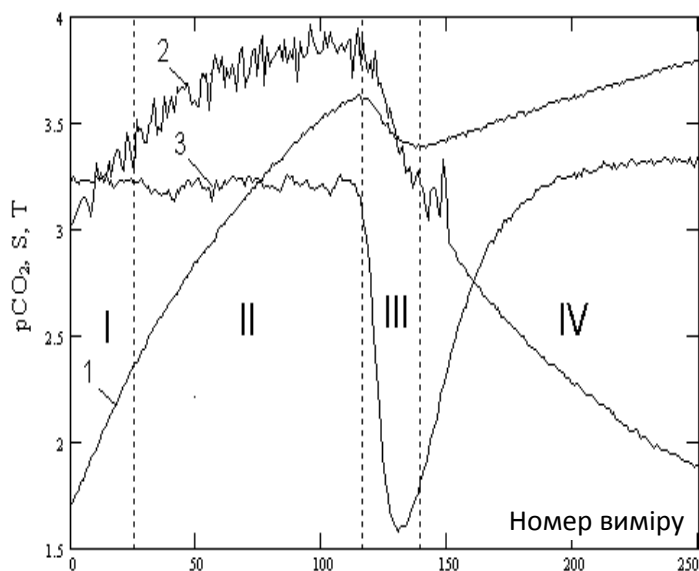


Рис. 12. Крива 1- pCO_2 ; електропровідність (S, ум. од.), крива – 2; світлопропускання (T, ум. од.), крива – 3.

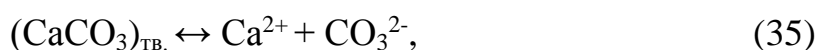
третього етапу полягає у зриві монотонного росту кінетичних кривих pCO_2 і рН (рис. 11 і 12), що пояснюється інтенсивною генерацією в розчині CO_2 (34), швидкість якої перевищує швидкість дегазації CO_2 . Що ж стосує-

ться кінетики концентрації іонів Ca^{2+} , то з рис. 11 бачимо, що на цьому етапі спостерігається злам кінетичної кривої p_{Ca} , який відповідає різкому зменшенню активності іонів кальцію впродовж масової кристалізації. Швидке зменшення активностей іонів Ca^{2+} і HCO_3^- повинно вести до зменшення електропровідності розчину, що і спостерігається у вигляді зламу кривої електропровідності на цьому етапі (рис. 12).

Зменшення перенасичення розчину відбувається внаслідок масового утворення і росту ЗТ, що відображається на кривій світлопропускання у вигляді її глибокого провалу (рис. 12) внаслідок помутніння розчину. Зменшення світлопропускання розчину на третьому етапі через деякий час змінюється його просвітлінням. Це пояснюється тим, що переважна кількість зародків досягла розмірів, які перевищують броунівські, і починається їх седиментація.

Інтенсивність зняття пересичення з часом сповільнюється, і третій етап закінчується у точці, що відповідає максимальному спаду кривих p_{CO_2} і $p\text{H}$ (рис. 12). Це означає, що швидкість руйнування перенасичення розчину, який супроводжується генерацією CO_2 , рівний інтенсивності дегазації CO_2 і система переходить у стадію, де основним фактором стає швидкість дегазації CO_2 .

IV етап – відповідає росту твердої фази, який описується рівнянням (34). З нього видно, що джерелом росту частинок карбонату кальцію закритичних розмірів $(\text{CaCO}_3)_{\text{ТВ}}$ є іони Ca^{2+} і HCO_3^- . Зменшення активностей Ca^{2+} і HCO_3^- відображається на кінетичних кривих p_{Ca} , рис. 11 і електропровідності S (рис. 12). Хід кривої світлопропускання T (рис. 12) вказує на те, що на IV стадії розчин освітлюється внаслідок того, що практично всі частинки карбонату кальцію досягли розмірів більших від броунівських і вони седиментують. На цьому етапі перенасичення зменшується і тверда фаза карбонату кальцію $(\text{CaCO}_3)_{\text{ТВ}}$ наближається до динамічної рівноваги активностей іонів Ca^{2+} і CO_3^{2-} ,



а перенасичення (5) знаходиться у межах 2...3, [11,22]. На даному етапі інтенсивність дегазації CO_2 переважає інтенсивність його внутрішньої генерації, рівняння (34), і, як видно з кінетичних кривих p_{CO_2} і $p\text{H}$ (рис. 10),

спостерігається зменшення активностей CO_2 та іонів водню. Отже, IV етап є стадією кристалізації, що контролюється виносом CO_2 , тобто дифузією двооксиду вуглецю до границі розділу «розчин – повітря».

Зауважимо, якщо на етапах I і II концентрація гідрокарбонатних іонів зменшується несуттєво, що випливає з паралельності кінетичних кривих pCO_2 і pH (рис. 10), то на III, і тим більше на IV етапах, постійне віддалення цих кривих вказує на неперервне зменшення концентрації HCO_3^- , що узгоджується з його витратою для утворення CaCO_3 , див. (34).

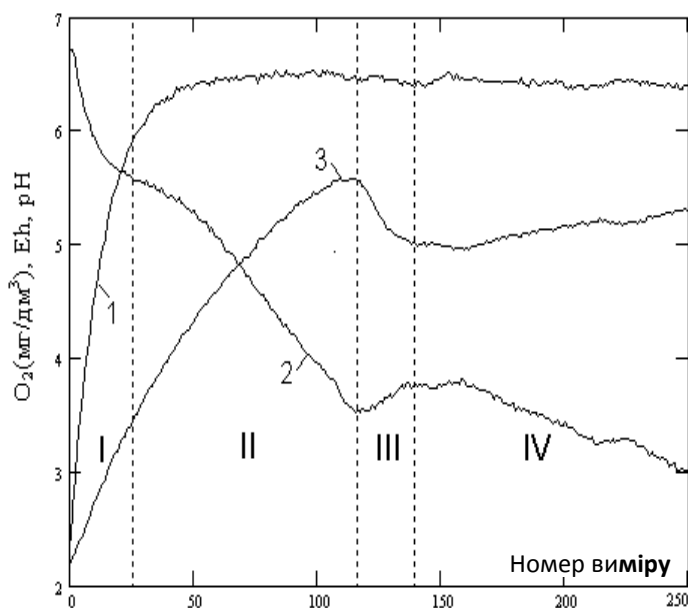


Рис. 13. Кінетичні криві O_2 (мг/дм³), крива – 1; окисно-відновного потенціалу (Eh, ум. од.), крива-2; показника іонів водню (pH, ум. од.), крива – 3.

від зміни pH. Тобто, в даній системі Eh потенціал визначається концентрацією молекулярного кисню і в більшій мірі іонів водню.

Отже, всі стадії кристалізації CaCO_3 чітко ідентифікуються БААВС за характером поведінки кінетичних кривих pH, pCO_2 , Eh, електропровідності (S) і світлопропускання (T). Найбільш інформативними щодо ідентифікації процесів виділення твердого CaCO_3 з КГКС є залежності pCa , pCO_2 та pH, що зрозуміло, адже ці параметри є характеристичними для кристалізації CaCO_3 .

Експерименти показали, що всі контрольовані параметри логічно взаємозв'язані і їх поведінка узгоджується з процесами, які протікають в КГКС і комплекс БААВС придатний до виконання лабораторних досліджень

Кінетика (Eh) - окисно-

відновного потенціалу, див. рис. 13, на I етапі де $\text{CO}_2 \approx 2,5 \text{ мг/дм}^3$, тобто менша ніж рівноважна з атмосферою зв'язана зі змінами концентрацій кисню і іонів водню, в подальшому (III та IV етапи) коли концентрація кисню стабілізується, бачимо, що зміна окисно-відновного потенціалу повністю залежить

оборотних вод ОСО, а принципи його побудови та технічні рішення можуть бути використані для створення інформаційної бази даних про стан ОВ ОСО та розробки автоматизованої системи управління якістю ОВ і забезпечення безнакипного режиму роботи теплообмінного обладнання електростанцій.

6 Висновки

1. Запропоновано методику кількісної оцінки стабільності ОВ щодо карбонатних відкладень на підставі оригінально визначеного індексу стабільності. На прикладі аналізу даних про якість ОВ однієї з електростанцій України, показано, що індекс стабільності адекватно описує стан ОВ і дає можливість передбачити заходи необхідні для забезпечення прийняттого рівня виділення твердого CaCO_3 з ОВ.

2. Особливістю методики визначення стабільності ОВ щодо карбонатних відкладень є її оперативність і можливість створення бази даних для автоматизації процесу стабілізації ОВ і мінімізації відкладень в ОСО.

3. Для реалізації завдань методики розроблено на базі використання електрохімічних давачів комплекс БААВС для неруйнуючого вимірювання параметрів стану ОВ.

4. Показано на підставі дослідних випробувань БААВС, що він адекватно відображає динаміку процесів, які відбуваються в КГКС і придатний до виконання комплексних досліджень оборотних вод ОСО.

5. Особливістю і основною перевагою БААВС є можливість виконувати одночасні вимірювання основних параметрів водної системи (до 8-ми) в її динаміці не впливаючи на її стан.

6. З використанням БААВС вперше було виконане комплексне дослідження процесів у КГКС, зокрема встановлено взаємозв'язок між основними параметрами КГКС у квазінеперевному динамічному режимі не збурюючи вимірюваннями стан системи.

7. Експериментально встановлено, що відгук давачів pCO_2 та pH на стандартні сигнали з прийнятною точністю описується експоненціальними законами відповідно до (6), (8) і (9).

8. Для дослідження швидких (з часом релаксації $\approx (0.1-1.0)\text{с}$ необхідна корекція сигналу датчиків pCO_2 та pH . На підставі дослідів, які підтвердили закон релаксації датчиків (7), встановлені параметри корекції:

для pCO_2 датча: $a_2 = 0.037\text{с}^{-1}$; для pH датча $a_4 = 0.09\text{с}^{-1}$.

Вказана корекція даних щодо відновлення первинного сигналу в комплексі БААВС враховується при вимірюваннях програмним чином і дозволяє контролювати процеси з часом релаксації $\approx 0.5\text{с}$.

9. Комплекс БААВС ефективний при визначенні «сили інгібіторів» в умовах конкретної ОСО, а також при виборі їх оптимальних комбінацій для стабілізації оборотних вод ОСО.

10. Використовуючи БААВС можна вивчати вплив інгібіторів відкладень на процес виділення твердого CaCO_3 , а також визначати оптимальну комбінацію заходів щодо стабілізації ОВ та здійснювати автоматизоване оперативне управління процесом стабілізації оборотної води ОСО.

SECTION 6 INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND AUTOMATION

6.1 analysis of the main tasks of the information and cybernetic protection service

Розглянемо та проаналізуємо варіанти побудови організаційної структури служби інформаційної та кібернетичної безпеки (ІКБ) бізнес-структури та основні принципи організації робіт і заходи управління щодо забезпечення інформаційного та кібернетичного захисту бізнесу [133-137].

Будемо враховувати, що створення інтегрованих технологічних платформ із складовими елементами кібербезпеки вимагає вивчення та впровадження нових підходів до їх розроблення, а також напрацювання світовою спільнотою відповідних стандартів та протоколів, що дозволить забезпечити безпечне функціонування інформаційних систем у світовій павутині. Актуальність цих питань добре підтверджується опублікованим ІСЗ ФБІ США аналізом фінансових збитків від кіберзлочинів за 2019 рік [138].

Організаційна структура служби інформаційної безпеки

Для формалізації поняття можемо визначити термін «служба інформаційної безпеки» як керівний орган корпоративного управління інформаційною та кібернетичною безпекою. Іншими словами – особа чи група осіб, яка відповідає за результативність та відповідність функціонування системи, яка забезпечує спрямованість та контрольованість дій з інформаційної безпеки бізнес-структури [139].

В ГОСТ 45.127-99 дано наступне визначення цього терміну - служба інформаційної безпеки (англ. Service of infosecurity) - організаційно-технічна структура системи забезпечення інформаційної безпеки, що реалізує вирішення

певної задачі, спрямованої на протидію тій чи іншій загрозі інформаційної безпеки [140].

Дуже часто виникає питання підпорядкування Служби інформаційної та кібернетичної безпеки (СлІБ) в організаційній структурі бізнесу. На практиці найчастіше використовується дві схеми підпорядкування СлІБ – службі безпеки бізнес-структури або директору служби ІТ.

СлІБ, як частина служби безпеки. Одна із схем, що найбільш часто зустрічається. Логіка зрозуміла – питання безпеки, значить в підпорядкування до служби безпеки. З очевидних мінусів - різні напрямки, що практично не перетинаються. Керівництво служби безпеки в бізнес-структурі, як правило, колишні поліцейські, військові або співробітники СБ. Вони не знають специфіки і завдань ІТ та ІКБ, а звідси витікають значні проблеми в комунікаціях та прийнятті рішень щодо питань інформаційної безпеки. Ці питання ускладнюються ще й тим, що керівництво служби безпеки повинно комунікувати із керівництвом ІТ, а це призводить до повного нерозуміння один одного. Як результат - мале фінансування СлІБ, опір будь-яким нововведенням. Із позитивних моментів – великі повноваження служби безпеки бізнес-структури, що дозволяє оперативно отримувати інформацію і прискорювати прийняття рішень.

СлІБ, як частина служби ІТ. Тут зразу виникає конфлікт інтересів. Один із напрямків роботи СлІБ це, зокрема, контроль за виконанням ІТ правил, приписів і регламентів. Очевидно, що керівництво ІТ не буде зацікавленим виносити недоліки в роботі ІТ на розгляд вищого керівництва. Як результат – фінансування по залишковому принципу, ігнорування впровадження нових технологій безпеки. Із позитивних моментів – швидке впровадження нових систем, оскільки всі виконавці під рукою, прозора інтеграція систем інформаційної безпеки в інфраструктуру ІТ.

Ідеальна схема - це підпорядкування СлІБ першій особі – керівнику бізнес-структури (Правлінню або Наглядовій раді). Але така схема вимагає від першої особи виділення часу на комунікації із керівником СлІБ і

необхідності вникати в питання управління інформаційною безпекою. Із позитивних моментів – окремий бюджет СлІБ, швидке прийняття необхідних рішень.

Для всіх варіантів, при обґрунтуванні місця СлІБ в структурі бізнесу треба враховувати те, що СлІБ безпосередньо прибуток не приносить і при розробці інвестиційних планів потрібно обґрунтовувати вигоду від нереалізованих ризиків. А чим більше ланок при узгодженні цих питань, тим важче і довше вони вирішуються, що є неприпустимим в умовах сучасних кіберзагроз.

Враховуючи вищесказане та усталені схеми управління, що прийняті в бізнес-структурах, рекомендується вибирати компромісну схему, коли СлІБ одночасно підпорядковується першій особі і керівнику служби безпеки бізнес-структури – Рис. 4. Це дозволяє, на даному етапі управлінського розвитку Організацій, уникати частини конфліктів і забезпечувати швидкі комунікації з вищим керівництвом бізнес-структури в процесі оперативного управління системою інформаційної та кібернетичної безпеки бізнесу.



Рис. 1. Рекомендований варіант підпорядкованості СлІБ

Відділи ІКБ бізнес-підрозділів адміністративно, функціонально і методично, у даній функціональній схемі, підпорядковуються керівнику СлІБ бізнес-структури.

Служба ІТ та структурні бізнес-підрозділи бізнес-структури підпорядковуються керівнику СлІБ в частині питань інформаційної безпеки. CISO (Chief Information Security Officer) - керівник служби інформаційної безпеки несе головну відповідальність за розробку і реалізацію політики безпеки компанії відповідно до реалізованих бізнес-процесів компанії і пріоритетного забезпечення питань неперервності бізнесу в частині питань інформаційної безпеки [134, 141].

На керівника СлІБ покладаються такі ключові завдання [141]:

- розробка політики в області ІКБ, включаючи стандарти, процедури, регламенти, керівництва;
- розробка принципів класифікації інформаційних потоків і управління ними;
- аналіз ризиків, їх оцінка і прийняття;
- забезпечення персоналу всіх підрозділів настановами та знаннями по виконанню політики в області ІКБ, організація відповідного навчання та інструктування;
- консультування менеджерів компанії і виконавчого персоналу в межах їх компетенції з питань інформаційних ризиків і захисту від них;
- узгодження всіх політик і регламентів з тим, щоб вони були успішно впроваджені на всіх рівнях компанії;
- діяльність у складі робочих груп або експертних рад, які оцінюють ризики при впровадженні нових технологій, модернізації виробництва, формуванні планів технічного оновлення чи інших змін бізнесу. Включення аспектів ІКБ на всі етапи даних проєктів;
- «Сполучна ланка» між службою якості і відділом ІТ/автоматизації з правом перевірки внутрішніх звітів служби якості;

- спільна робота зі службою безпеки в частині, що стосується їх обох, наприклад, науково-дослідні роботи (НДДКР) або пропускна система (бейджі, пропуски), розслідування інцидентів безпеки;
- спільна робота зі службою персоналу в частині, що стосується перевірки деяких даних при найму на роботу;
- в разі криз або надзвичайних подій в області захисту інформації брати участь разом з топ-менеджментом в управлінні кризовою ситуацією;
- забезпечення менеджменту компанії регулярними оглядами стану інформаційної безпеки, звітами про впровадження політики;
- інформаційна підтримка топ-менеджменту про зміни в законодавстві та технічні новинки, що мають відношення до інформаційної безпеки.

На службу ІКБ бізнес-структури покладаються такі завдання:

- управління інформаційною безпекою та забезпечення відповідності нормативним вимогам;
- оцінка операційних ризиків бізнес-структури в частині ІКБ;
- стратегічне планування розвитку ІКБ бізнес-структури;
- вибір групових рішень в сфері ІКБ бізнес-структури;
- забезпечення класифікації ІзОД;
- контроль за безпекою корпоративної мережі бізнес-структури;
- централізований моніторинг і запобігання несанкціонованого доступу до ІзОД;
- управління доступом до ІС бізнес-структури;
- контроль виконання стратегічної програми розвитку ІКБ бізнес-підрозділами бізнес-структури;
- розробка політик і стандартів ІКБ бізнес-структури;
- моніторинг подій безпеки та реагування на інциденти;
- узгодження планів розвитку і стандартів бізнес-структури з Наглядовою радою бізнес-структури.

На відділи ІКБ бізнес-підрозділів бізнес-структури покладаються такі завдання:

- контроль впровадження і експлуатації систем ІКБ в бізнес-підрозділах;
- управління системами ІКБ в бізнес-підрозділах;
- контроль рівнів доступу до конфіденційної інформації, внесення пропозицій щодо доповнення або зміни переліку відомостей, що становлять ІзОД бізнес-структури;

- контроль за безпечною експлуатацією ІС і АСУТП;
- реагування на нештатні ситуації в ІКБ;
- моніторинг і розслідування інцидентів на місцевому рівні;
- тренінг користувачів з питань ІКБ.

Ці завдання можуть бути базовими при розробці організаційної структури СлІБ та формулюванні її завдань.

Організація робіт щодо захисту інформації

Організація і проведення робіт по забезпеченню ІКБ бізнес-структури при її обробці технічними засобами визначаються розробленою концепцією ІКБ, діючими державними і міжнародними стандартами, а також іншими нормативними та методичними документами бізнес-структури.

Організація робіт по забезпеченню впровадження та підтримки працездатності засобів ІКБ покладається на керівника ЗВТ (ІТ), що здійснює експлуатацію і супроводження ІС бізнес-структури, а методичне керівництво і контроль над ефективністю передбачених заходів захисту інформації - на керівника СлІБ.

Експлуатація ІС бізнес-структури здійснюється в повній відповідності до затвердженої організаційно-розпорядчої та експлуатаційної документації, з урахуванням вимог і положень, викладених у відповідних розділах політики безпеки.

Комплекс заходів щодо захисту інформації бізнес-структури включає в себе наступні заходи:

- призначення ролей і розподіл відповідальності;
- розробка, реалізація, впровадження і контроль виконання планів заходів, політик безпеки та інших документів щодо забезпечення ІКБ;

- підготовка користувачів і технічних фахівців до вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням ІКБ;

- проектування, розгортання і вдосконалення технічної інфраструктури СУІБ;

- аудит ІКБ бізнес-структури.

Технічна інфраструктура СУІБ призначена для вирішення наступних завдань:

- захист кінцевих точок;
- захист від руткітів і прихованих загроз;
- захист серверів;
- моніторинг і захист конфігурацій і цілісності файлів;
- захист віртуальних середовищ;
- захист мобільних пристроїв;
- захист баз даних;
- захист електронної пошти;
- забезпечення безпеки роботи з веб-ресурсами;
- захист мережі і міжмережових з'єднань;
- захист від мережових вторгнень, DOS / DDOS атак;
- захист даних від втрати і витоків;
- сканування вразливостей серверів, кінцевих станцій і баз даних;
- сканування вразливостей веб додатків;
- аналіз та управління ризиками ІКБ;
- збір та управління інцидентами ІКБ (SIEM);
- неперервне оцінювання відповідності стандартам і нормативним

актам.

Заходи управління інформаційної безпекою

1) Заходи управління інформаційною безпекою організаційного рівня

- СУІБ реалізується шляхом поєднання заходів організаційного та програмно-технічного рівнів.

- Організаційні заходи складаються із заходів адміністративного рівня і процедурних заходів захисту інформації.

- Основою заходів управління інформаційною безпекою адміністративного рівня, тобто заходів, що вживаються керівництвом бізнес-структури, є політика безпеки. Під політикою безпеки розуміється сукупність документованих управлінських рішень, спрямованих на захист інформації та асоційованих з нею активів.

- Політика безпеки визначає тактику бізнес-структури в області ІКБ, а також ту міру уваги і кількість активів, яку керівництво вважає за доцільне виділити.

- Політика безпеки визначається сформульованими вимогами бізнес-структури щодо захисту інформаційних активів, а також іншими нормативними та організаційно-розпорядчими документами бізнес-структури, що розробляються на основі концепції ІКБ. До числа таких документів належать:

- політика і методологія управління ризиками інформаційної безпеки;
- політика інвентаризації інформаційних активів;
- процедури застосування превентивних і коригуючих заходів;
- антивірусна політика;
- парольна політика;
- політика управління доступом до ресурсів корпоративної мережі;
- політика управління доступом при використанні хмарних технологій;
- правила управління інформаційною безпекою при роботі користувачів в корпоративній мережі;
- політика управління інформаційною безпекою при взаємодії з мережею інтернет;
- політика забезпечення безпеки віддаленого доступу до корпоративної мережі;
- політика забезпечення безпеки в хмарах;
- політика резервного копіювання та відновлення даних;
- політика аудиту інформаційної безпеки;

- регламенти роботи служб адміністрування корпоративної мережі;
- регламенти роботи з мобільними пристроями і з цифровими носіями конфіденційної інформації;
- план забезпечення безперервності бізнесу і процедури аварійного відновлення;
- процедура реагування на інциденти, пов'язані з порушенням інформаційної безпеки;
- положення про конфіденційність, інструкція щодо забезпечення режиму конфіденційності та перелік конфіденційних відомостей;
- інші організаційно-розпорядчі документи.

2) Заходи управління інформаційною безпекою процедурного рівня

• До процедурного рівня відносяться заходи безпеки, що реалізуються людьми. Виділяються наступні групи процедурних заходів, спрямованих на забезпечення інформаційної безпеки:

- управління персоналом;
- фізичний захист;
- підтримка працездатності;
- реагування на порушення режиму безпеки;
- планування відновлювальних робіт.

• В рамках управління персоналом для кожної посади повинні існувати відповідність кваліфікаційним вимогам по інформаційної безпеки. До посадових інструкцій повинні входити розділи, що стосуються безпеки. Кожного працівника потрібно навчити заходам безпеки теоретично і відпрацювати виконання цих заходів практично.

• Безпека комп'ютерної системи залежить від оточення, в якому вона працює. Необхідно вжити заходів для захисту будівель і прилеглої території, що підтримує інфраструктуру, і самих комп'ютерів.

• При розробці СУІБ передбачається адекватна реалізація заходів фізичного захисту офісних будівель і інших приміщень, що належать бізнес-структури, за наступними напрямками:

- фізичне управління доступом;
- протипожежний захист;
- захист підтримуючої інфраструктури;
- Передбачається також адекватна реалізація наступних напрямків

підтримки працездатності:

- підтримка користувачів;
- підтримка програмного забезпечення;
- конфігураційне управління;
- резервне копіювання;
- управління носіями;
- документування;
- регламентні роботи;

• Програма безпеки повинна передбачати набір оперативних заходів, спрямованих на виявлення і нейтралізацію порушень режиму безпеки. Важливо, щоб в подібних випадках послідовність дій була спланована заздалегідь, оскільки заходів потрібно буде вживати термінових і скоординованих.

- Реакція на порушення режиму безпеки переслідує дві головні цілі:
 - блокування порушника і зменшення нанесеної шкоди;
 - недопущення повторних порушень.

• В бізнес-структурі повинен бути черговий співробітник, доступний 24 години на добу, що відповідає за реакцію на порушення. Всі повинні знати координати чергового співробітника і звертатися до нього при перших ознаках небезпеки.

• Планування відновлювальних робіт і проведення періодичних навчань дозволяє підготуватися до аварій, зменшити шкоду від них і зберегти здатність до функціонування хоча б у мінімальному обсязі.

• Механізми контролю, які є важливими для бізнес-структури з юридичної точки зору, включають в себе:

- захист даних з обмеженим доступом;

- охорону документів бізнес-структури;
- права на інтелектуальну власність.
- Відповідно до міжнародного стандарту ISO 17799 ключовими також є

такі механізми контролю:

- політика інформаційної безпеки;
- розподіл відповідальності за забезпечення інформаційної безпеки;
- навчання та тренінги з інформаційної безпеки;
- інформування про інциденти безпеки;
- управління безперервністю бізнесу.

3) Заходи управління інформаційною безпекою програмно-технічного рівня

• Програмно-технічні засоби захисту розташовуються на наступних рівнях (рубіжах):

- захист зовнішнього периметра корпоративної мережі;
- захист внутрішніх мережевих сервісів і інформаційних обмінів;
- захист серверів і робочих станцій;
- захист мережевих і комутаційних пристроїв;
- захист SCADA, IoT систем;
- захист WiFi мереж;
- захист активів, що розміщені із використанням хмарних технологій;
- захист системних активів і локальних додатків на серверах і робочих станціях.

• На програмно-технічному рівні виконання захисних функцій в ІС здійснюється наступними сервісами безпеки:

- ідентифікація / аутентифікація;
- розмежування доступу;
- протоколювання / аудит;
- екранування та сегментація;
- тунелювання;
- шифрування;

- контроль цілісності;
- контроль захищеності;
- управління.

- На зовнішньому рубежі розташовуються засоби виявлення шкідливої активності і контролю захищеності. Далі йдуть міжмережеві екрани, що захищають зовнішні підключення. Вони, разом із засобами підтримки віртуальних приватних мереж, що об'єднуються з міжмережевими екранами, утворюють периметр безпеки, що відокремлює корпоративну систему від зовнішнього світу.

- Сервіс активного аудиту (як і управління) повинен бути присутнім у всіх критично важливих компонентах і, зокрема, в захисних. Це дозволить швидко виявити атаку, навіть якщо з яких-небудь причин вона виявиться успішною.

- Управління доступом також має бути присутнім на всіх сервісах, функціонально корисних і інфраструктурних. Доступу повинна передувати ідентифікація і аутентифікація суб'єктів доступу (користувачів і процесів).

- Засоби шифрування і контролю цілісності інформації, що передається по каналах зв'язку, доцільно виносити на спеціальні шлюзи, де їм може бути забезпечено кваліфіковане адміністрування.

- Останній рубіж утворюють засоби пасивного аудиту, які допомагають оцінити наслідки порушення безпеки, знайти винного, з'ясувати, чому успіх атаки став можливим.

- Розташування засобів забезпечення високої доступності визначається критичністю відповідних сервісів або їх компонентів.

Зрозуміло, що все вищевказане є орієнтовним і повинно уточнюватися та доповнюватися при розробці концепції інформаційної безпеки кожної окремої бізнес-структури. З врахуванням наданих експертами ВЕФ [142,143,144] оцінок та постійний тренд росту успішних реалізацій кібернетичних складових в питаннях геополітичних відносин, питання гібридизації загроз і використання

їх для досягнення тих чи інших цілей повинно вноситись в основу розробки стратегій захисту організацій державного та приватного сектору.

Перспективи подальших досліджень

Сучасні тренди кібербезпеки безпосередньо пов'язані з цілями і завданнями зловмисників. Як і раніше, атаки хакерів спрямовані на великі компанії, промислові системи та інші критичні інфраструктури. Сюди відносяться також і атаки, що безпосередньо фінансуються державами. Вже є приклади успішних атак, що були реалізовані через так званий ланцюжок поставок, що ще більше ускладнює процеси ідентифікації такого типу атак на ранніх стадіях.

Тільки за даними Центру розгляду скарг на кіберзлочини (IC3) FBI США, що були опубліковані у звіті «2019 Internet Crime Report», за 2019 рік збитки фізичних осіб і компаній склали близько 3,5 млрд. доларів США [138].

Очевидно, що ріст ефективності кіберзлочинів однозначно вимагає розробки та використання сучасних технологій та кращих світових практик в питаннях раннього оповіщення та обміну інформацією про нові загрози на державному рівні. Однак всі ці міри будуть неефективними, якщо управління власною інформаційною безпекою не буде відповідати динамічно-виникаючим загрозам та новим ризикам, що ними породжуються, апробованим підходам та кращим світовим практикам протидії їм.

SECTION 7 PROJECT AND PROGRAM MANAGEMENT

7.1 communication model of the knowledge triangle for educational and research projects

Для побудови інноваційної економіки з розвинутим підприємництвом, інноваціями та високою продуктивністю виробництва України як державі, яка має великий інтелектуальний потенціал, необхідно розв'язати зазначені проблеми. Стимування інноваційного розвитку в державі пов'язане з дефіцитом фінансових ресурсів, зосередженості на низькопродуктивних галузях, які працюють, в основному, на експорт, залежності національної економіки від імпорту, падінням платоспроможного попиту на науково-технічну продукцію з боку держави та підприємницького сектора, погіршенням якісних характеристик наукової та матеріально - технічної бази досліджень.

Одночасно з цим, становлення України, як розвиненої держави зі стабільною економікою, насамперед прямо пов'язаний з формуванням синергії освітньої, дослідницької та інноваційної сфер. Дійсно, «Стратегія розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року» передбачає набуття та збереження технологічної переваги (тобто конкурентоспроможності) [145]. Реалізація цієї стратегії можлива через розробку та впровадження наукових проектів розвитку інноваційної інфраструктури. Підвищення рівня спроможності реалізації цих проектів реалізується як шляхом культурно-просвітницької діяльності, підвищення інноваційної культури, так і через освітню проектну діяльність, спрямовану на забезпечення успішної кар'єри молоді після завершення навчання у закладах вищої освіти за одним з обраних напрямів: започаткування власної справи, робота на підприємстві, що відповідає сучасному технологічному рівню, або наукова (викладацька) робота.

Однак такі фактори, як якісна освіта, наукові дослідження високого рівня, придбаний професійний досвід, взяті окремо, автоматично до такої стратегії не приведуть. Поєднання їх в «трикутник знань», що генерує синергетичний ефект взаємозв'язку між ними, не просто створює можливість, а забезпечують технологію експоненціального розвитку на відповідному інтервалі часу [146].

Таким чином, «трикутник знань» концептуально базується на основі тісної і регулярної співпраці трьох сторін – освіти, науки та зовнішнього середовища, яке є реципієнтом інновацій (рис.1).

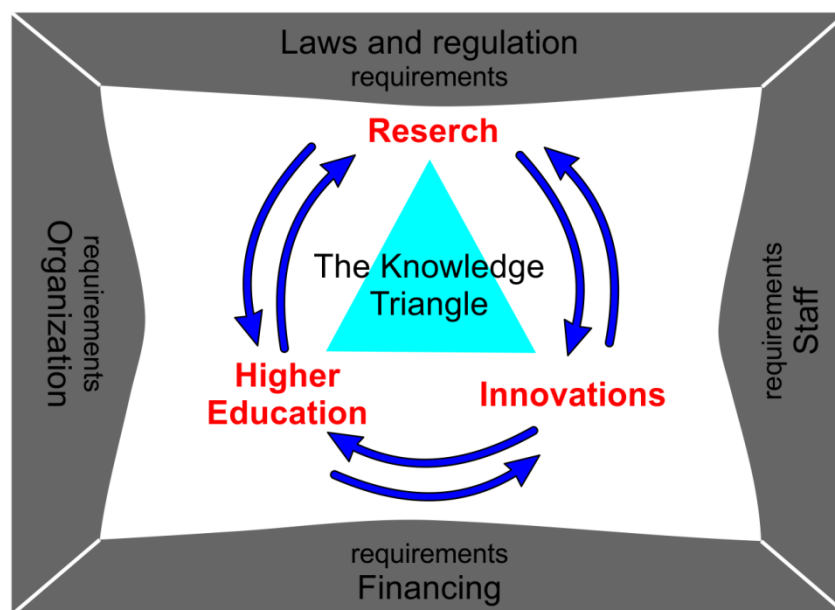


Рисунок 1. Трикутник знань з рамковими складниками

Традиційно, коли йде мова про трикутник знань, розуміють трансфер знань, що у сфері вищої освіти забезпечуються шляхом підтримки розвитку наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності вищих навчальних закладів та їх інтеграції з виробництвом. До трикутника знань необхідно відносити також і класичні відносини університету з роботодавцями. Вищі навчальні заклади можуть утворювати навчальні, навчально-наукові та навчально-науково-виробничі комплекси, наукові парки та входити до складу консорціуму. Університети можуть формувати на своїй базі інноваційні структури різних типів (наукові та технологічні парки, бізнес-інкубатори, малі

підприємства тощо) на засадах поєднання інтересів високотехнологічних компаній, науки, освіти, бізнесу та держави з метою виконання і впровадження інноваційних проектів.

Важливою умовою існування «трикутника знань» є ефективна система комунікацій при впровадженні цих проектів та вибір комунікаційної моделі для управління освітнім проектом в закладі освіти.

Формування внутрішнього комунікаційного середовища закладів освіти і науки (внутрішні інформаційні потоки та зв'язки, що утворилися в процесі взаємодії комунікантів на основі використання інформаційних ресурсів, технологій і каналів комунікації) та інтеграція до зовнішнього комунікаційного середовища реципієнта інновацій є основними напрямками комунікаційної діяльності трикутника знань під впливом інформатизації.

Комунікації в закладі освіти можна розглядати як зв'язок між учасниками освітнього процесу і як процес передачі інформації між суб'єктами в комунікативному просторі на трьох рівнях: організаційному, науковому та освітньому. Що вимагає дослідження та формування різних комунікативних моделей, свого роду схеми, які є узагальнені та дещо спрощені всі різноманітні комунікативні ситуації та процеси [147].

Виділяють групи моделей комунікації: модель комунікації з точки зору PR, реклами та пропаганди; соціологічні і психологічні моделі комунікації; семіотичні моделі комунікації: психології і соціології були відкриті багато цікаві моделі комунікації. Аналіз комунікації активно здійснюється на стику їх сучасних наукових підходів; моделі психотерапевтичної комунікації; моделі міфологічної комунікації; моделі аргументує комунікації; моделі іміджевої комунікації; моделі пропагандистської комунікації [148].

Комунікаційна модель трикутника знань має вигляд трикутної призми, що має відображує розвиток комунікацій на кожному окремому рівні (рис.2).

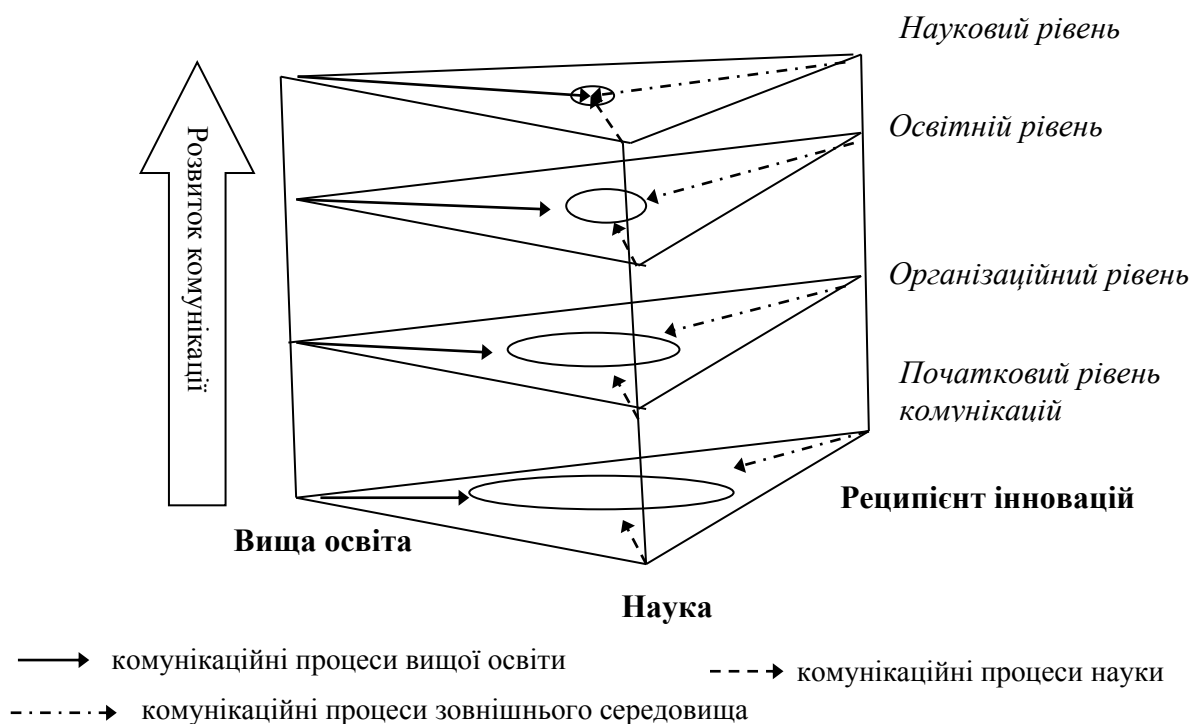


Рисунок 2. Просторова комунікаційна модель трикутника знань

При ініціації освітнього чи наукового проекту на початковому рівні формування комунікацій визначаються цінності зацікавлених сторін (освітніх і наукових структур та інших стейкхолдерів зовнішнього середовища). На цьому етапі комунікаційна площина розмита, комунікаційні процеси кожної сторони узгоджуються. Другим етапом розвитку комунікацій є управління комунікаціями на організаційному рівні. Процеси визначаються і плануються.

Подальше узгодження комунікаційних процесів на освітньому та науковому рівнях звужують комунікаційну площину. Локальні комунікаційні моделі на кожному рівні для кожного учасника проекту розробляються з урахуванням проектної пропозиції, конкретних завдань як окремо для кожного учасника комунікаційного процесу, так і для загальних комунікацій в цілому.

Запропонована трьохрівнева модель інтеграції суб'єктів комунікаційної взаємодії «трикутника знань» в умовах єдиного комунікаційного освітньо-наукового простору дозволяє відтворити процес взаємовпливу всіх складових єдиного комунікаційного простору з урахуванням стану всіх учасників.

Таким чином, для ефективних комунікацій при реалізації інноваційних наукових чи освітніх проектів запропонована комунікаційна просторова модель трикутника знань, яка передбачає тісну і регулярну співпрацю трьох сторін – освіти, науки та зовнішнього середовища, яке є реципієнтом інновацій, на трьох рівнях комунікації (організаційному, освітньому чи науковому).

SECTION 8 TECHNOLOGY OF FOOD AND LIGHT INDUSTRY

8.1 strawberries dessert product

Суниця садова – найбільш поширена ягідна культура в світі завдяки гармонійному смаку та привабливому, яскраво вираженому аромату, що формується під впливом значної кількості летких сполук, головним чином, складних ефірів, альдегідів та фуранонів [149]. Гармонійний смак ягід забезпечується поєднанням цукрів, що представлені глюкозою, фруктозою та сахарозою [150] та органічних кислот [151]. Ягоди суниці мають високу антиоксидантну здатність, що зумовлена вмістом в них аскорбінової кислоти [152] і фенольних сполук [153]. Суницю споживають у свіжому вигляді та використовують для виробництва десертів, компотів, джемів, варення, соків, пюре та інших продуктів [154].

Джем суничний – найбільш популярний продукт з ягід суниці, що цінується споживачами за привабливий червоний колір, високі органолептичні властивості та значний антиоксидантний потенціал, завдяки високій збереженості фенольних речовин [155]. В'язка драгледоподібна консистенція джемів формується як результат взаємодії цукру з пектином в присутності значної кількості волокон та всіх компонентів клітинних стінок [156].

Однією з основних проблем переробки ягід суниці є висока здатність до зміни консистенції практично на кожному етапі обробки, характер якої залежить від стадії стиглості, способу та ступеня механічної обробки ягід. Пектин – основний фактор, що визначає консистенцію джемів [157]. Проте, використання пектинового розчину супроводжується збільшенням енергетичних та матеріальних затрат на виробництво, утрудненням організації процесу, який передбачає процес підготовки пектинового розчину шляхом змішування пектину з цукром або цукровою пудрою з наступним розчиненням

у воді до отримання гомогенної маси. При цьому для досягнення оптимальних умов гелеутворення при додаванні пектину типу А або цитрусового імпорного пектину оптимальною зоною рН є 3,0–3,3, проте, рН ягід суниці знаходиться в межах від 3,2 до 3,5 і не завжди задовольняє ці вимоги, що призводить до додаткового внесення лимонної або винної кислоти. Однак, підвищення концентрації пектину може спричиняти негативні зміни інтенсивності забарвлення продукту [157]. Заміна ж частини ягід суниці на пюре яблучне як дешевої сировини з природним вмістом органічних кислот дозволить уникнути цієї операції при варінні джему.

Метою роботи було удосконалення технології джему суничного за додавання пюре яблучного з метою отримання драглеподібної консистенції.

Для виробництва джему (варіант «контроль») ягоди сортували, мили, очищували від плодоніжок та чашолистків, інспектували. Після чого підготовлену сировину змішували з сухим цукром та уварювали. За 5–10 хв до закінчення варіння додавали розчин пектину.

Дослідні варіанти джемів виготовляли згідно розробленої технологічної схеми, що передбачала заміну розчину пектину на пюре яблучне в кількості 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 % від маси ягід. Технологічні операції підготовки ягід суниці та цукру аналогічні, що і за традиційною схемою. Підготовлену суницю змішували з сухим цукром та уварювали. За 5–10 хв до закінчення варіння додавали пюре яблучне. Джем уварювали до вмісту сухих розчинних речовин не менше 62 % та фасували у скляну тару місткістю 250 см³, герметизували, стерилізували. Зберігали консерви в темному місці за температури 20±1°C. Повторність досліду трикратна. Пюре яблучне виробляли у період збору врожаю яблук та зберігали до використання при виробництві джему. Вміст сухих розчинних речовин джемах – рефрактометричним методом, цукрів – спектрофотометричним методом, титрованих кислот – титруванням лугом, пектинових речовин – Су-пектатним методом, аскорбінової кислоти – методом Тільманса.

Органолептичні показники якості джему суничного визначали за 5 – бальною шкалою.

Дослідження якості сировини і напівфабрикатів для виробництва джему представлені у таблиці 1. Аналіз отриманих даних показав, що вміст сухих розчинних речовин в яблуках перевищував аналогічний показник ягід суниці на 7,7 %, цукрів – на 5,1, однак, ягоди мали істотно вищу кислотність та в 4,1 рази вищий вміст аскорбінової кислоти.

Таблиця 1

Хімічний склад сировини та напівфабрикатів

Сировина і напівфабрикат	Масова частка, %				Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г
	сухих розчинних речовин	цукрів	органічних кислот	пектинових речовин	
Суниця	10,1	8,9	1,0*	0,94	99,5
Яблука	17,8	14,0	0,5**	1,50	24,0
Пюре яблучне	17,2	13,8	0,4**	1,32	22,0
НІР ₀₅	0,7	0,6	0,1	0,20	0,6

Примітка. *В перерахунку на лимонну кислоту

** в перерахунку на яблучну кислоту

Оцінка якості готових продуктів показала (табл. 2), що за вмістом сухих розчинних речовин всі джеми відповідають вимогам ДСТУ 4900 «Джеми. Технічні умови», який передбачає їхній вміст у стерилізованому джемі суничному не нижче 62 %.

Дещо вищий проти інших варіантів вміст цукрів мали суничні джеми із заміною 30, 35 та 40 % ягід суниці на пюре яблучне. Кислотність готових джемів встановлена на рівні 0,6–0,8 %, масова частка пектинових речовин – 0,76–0,84 %, аскорбінової кислоти – 30,0–38,7 мг/100 г за збереженості на рівні 47,7–55,5 %.

Таблиця 2

Хімічний склад джему суничного

Частка пюре яблучного, %	Масова частка, %				Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г
	сухих розчинних речовин	цукрів	титрованих кислот	пектинових речовин	
контроль (традиційна технологія)	63,1±0,33	56,6±0,3	0,80±0,08	–	38,7±3,26
1	62,7±0,33	56,7±0,3	0,80±0,08	0,76±0,03	38,0±3,26
3	62,6±0,33	56,8±0,3	0,80±0,08	0,77±0,03	38,4±3,26
5	62,8±0,33	56,4±0,3	0,78±0,08	0,77±0,03	37,9±3,26
10	63,0±0,33	56,8±0,3	0,75±0,08	0,78±0,03	37,0±3,26
15	63,2±0,33	56,8±0,3	0,70±0,08	0,79±0,03	36,3±3,26
20	62,8±0,33	56,2±0,3	0,70±0,08	0,80±0,03	34,4±3,26
25	63,0±0,33	56,8±0,3	0,67±0,08	0,81±0,03	33,7±3,26
30	63,4±0,33	57,0±0,3	0,64±0,08	0,82±0,03	32,0±3,26
35	63,5±0,33	57,2±0,3	0,60±0,08	0,83±0,03	30,3±3,26
40	63,6±0,33	57,2±0,3	0,60±0,08	0,84±0,03	30,0±3,26
НІР ₀₅	0,2	0,2	0,02	0,1	0,5

Органолептична оцінка готових джемів з суниці істотно залежала від рецептурної частки яблучного пюре в продукті. Органолептична оцінка джему суничного, що виготовлений із заміною 25 % рецептурної кількості ягід на пюре яблучне встановлена на рівні 4,79 бала, що на 0,09 бала вище проти контролю (рис. 1).

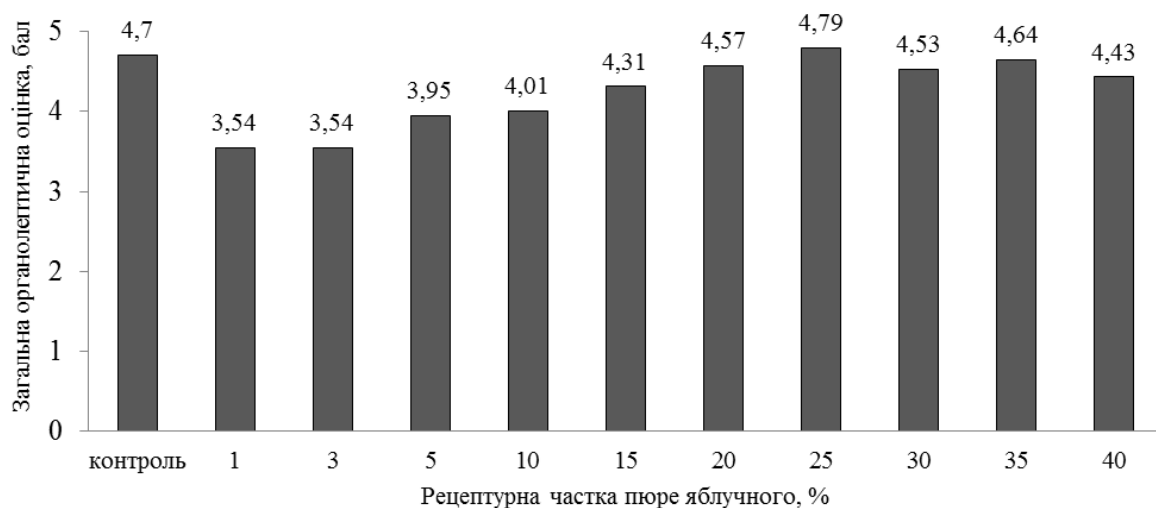


Рисунок 1. Органолептична оцінка джему суничного залежно від частки пюре яблучного, бал

Така оцінка свідчить про можливість використання пюре яблучного в кількості не вище 25 % для отримання необхідних органолептичних та фізико-хімічних характеристик продукту за Державного стандарту України 4900:2007 «Джеми. Технічні умови».

Таким чином, для формування в'язкої драглеподібної консистенції джему суничного з урахуванням вимог ДСТУ 4900 «Джеми. Технічні умови» частка пюре яблучного складає 25 % рецептурної кількості ягід суниці.

SECTION 9 TRANSPORT

9.1 model experiment of dynamic control implementation at the transport network in Kharkiv, Ukraine

На підставі розроблених теоретичних положень динамічного управління [157] дорожнім рухом шляхом зміни швидкісного режиму на підході до регульованого перехрестя було проведено експеримент на вулично-дорожній мережі (ВДМ) м. Харків.

Прикладом відомих пакетів імітаційного моделювання в сфері організації руху транспортних потоків є програмні продукти VISSIM (PTV AG, Німеччина) [158], GERTRAM / AIMSUN [3], Paramics [160]. Існуючі системи моделювання відображають реакцію транспортного потоку на збурюючий вплив (заборонний сигнал світлофора), який є однією з причин утворення «ударної хвилі» (УХ). Але існуючі системи імітаційного моделювання дозволяють управляти тільки фронтом УХ, тоді як ми пропонуємо змінювати параметри «хвоста» УХ. Тому для модельного експерименту необхідно розробити імітаційну модель руху транспортного потоку (ТП) на ділянці ВДМ, що дозволить визначити параметри руху автотранспортного засобу (АТЗ) на перегоні ВДМ. Програмне забезпечення для імітаційної моделі поведінки АТЗ у транспортному потоці реалізовано в інтегрованому середовищі розробки додатків Delphi 7.0.

Визначаємо параметри руху АТЗ при зміні інтенсивності ТП за допомогою запропонованої імітаційної моделі. Об'єктом експериментальних досліджень був обраний перегін ВДМ м. Харків, що є частиною просп. Науки, на ділянці від перетину з вул. Отакара Яроша до перетину з вул. Мінською. На ньому спостерігаються незадовільні параметри руху в години «пік», і як наслідок, формуються заторові режими руху ТП.

Функціонування світлофорного об'єкта на перетині просп. Науки - вул. Мінська здійснюється по одній добовій програмі з параметрами: роз'їзд на перехресті – двофазний; тривалість фази, що дозволяє рух на підході з просп. Науки з боку вул. Отакара Яроша – 25 с; тривалість заборонного сигналу на цьому ж підході – 22 с; тривалість проміжного такту – 4 с.

Параметри ділянки просп. Науки: довжина ділянки – 380 м; ширина ділянки – 28,0 м; ширина центральної розподільної смуги – 4 м; тип дорожнього одягу, вид покриття – капітальне, асфальтобетон; стан покриття – відмінно; криві у плані – відсутні; поперечні ухили – у межах містобудівних норм; поздовжні ухили складають: у бік вул. Отакара Яроша – 44 ‰, у бік вул. Минської – 41 ‰.

В ході експерименту виконані вимірювання параметрів руху ТП і часу проїзду ділянки при різній інтенсивності ТП. При цьому були визначені параметри ТП, при яких рух переходить у заторовий стан. Експериментальні вимірювання інтенсивності ТП на перегоні проводилися натурним методом в будні дні в ранковий та вечірній час «пік».

В інший час протягом доби на досліджуваній ділянці заторового стану ТП не спостерігалось. Паралельно були проведені експериментальні заїзди методом «плаваючого автомобіля» по перегону для вимірювання інтенсивності ТП. Результати експериментальних досліджень параметрів руху по ділянці просп. Науки у м. Харків представлені у табл. 1.

Дані табл. 1 показують залежність часу проїзду ділянки ВДМ від поточної інтенсивності ТП. Так, на ділянці просп. Науки при інтенсивності потоку 316 авт./год, час проїзду ділянки при експериментальних заїздах варіювався від 0:31 до 1:12 хв.:с, що в середньому становить 0:52 хв.:с. При дослідженні зі збільшенням інтенсивності ТП зростало значення часу проїзду ділянки. Так, при інтенсивності ТП 1200 авт./год час проїзду збільшився в середньому до 8:36 хв.:с.

Таблиця 1.

Результати експериментальних вимірів часу проїзду ділянки ВДМ

Період часу, год	Інтенсивність ТП на перегоні, авт./год	Інтенсивність ТП на смузі, авт./год	Початок експериментального заїзду, год.:хв.:с	Момент перетину стоп-лінії, год.:хв.:с	Час проїзду ділянки, хв.:с
7:30-8:30	853	316	8:11:26	8:12:17	0:52
8:30-09:30	3286	1217	9:12:17	9:20:53	08:36
17:00-18:00	1340	496	17:34:52	17:36:04	1:12
18:00-19:00	1492	553	18:17:33	18:19:30	1:57

Очевидно, що час проїзду по ділянках ВДМ є характеристикою умов руху і визначається параметрами ТП. Для модельного експерименту було обрано параметри ТП, при яких спостерігаються найбільш незадовільні умови проїзду перегону з формуванням затору. Збільшення інтенсивності ТП при постійному циклі регулювання призводить до накопичення АТЗ у стоп-лінії, що не роз'їжджаються за час дозволяючого сигналу світлофора (рис. 1), в результаті чого утворюється черга АТЗ.

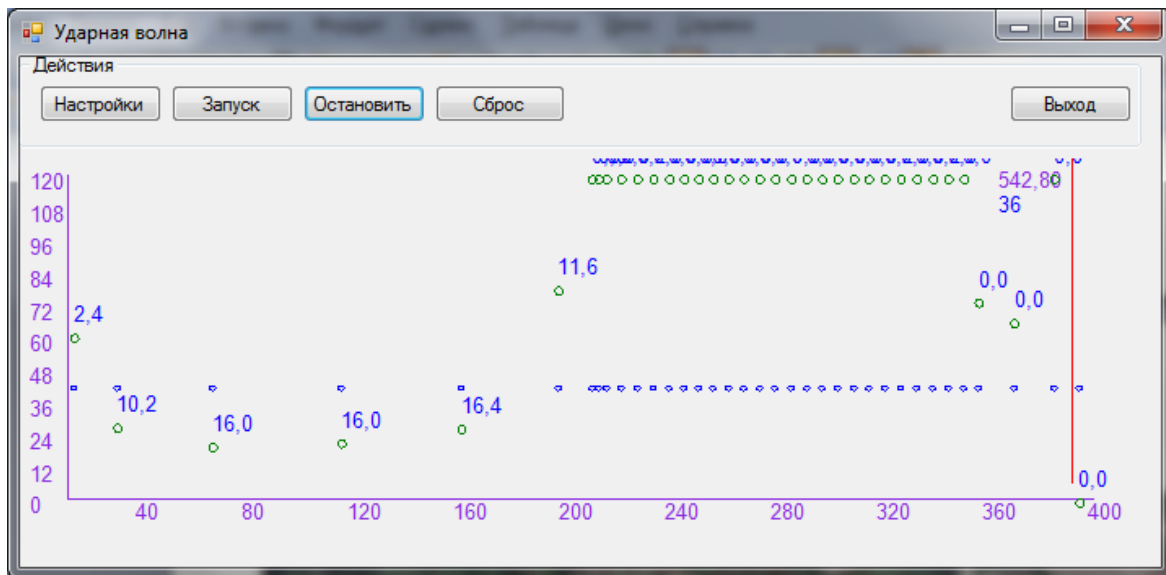


Рисунок 1 – Перехід ТП у заторовий стан

У процесі імітаційного моделювання отримано значення часу проїзду по ділянці ВДМ, параметри якого відповідають параметрам досліджуваної ділянки просп. Науки у м. Харків. В кожний наступний цикл регулювання довжина черги збільшується (рис. 2), що викликає утворення «ударної хвилі».

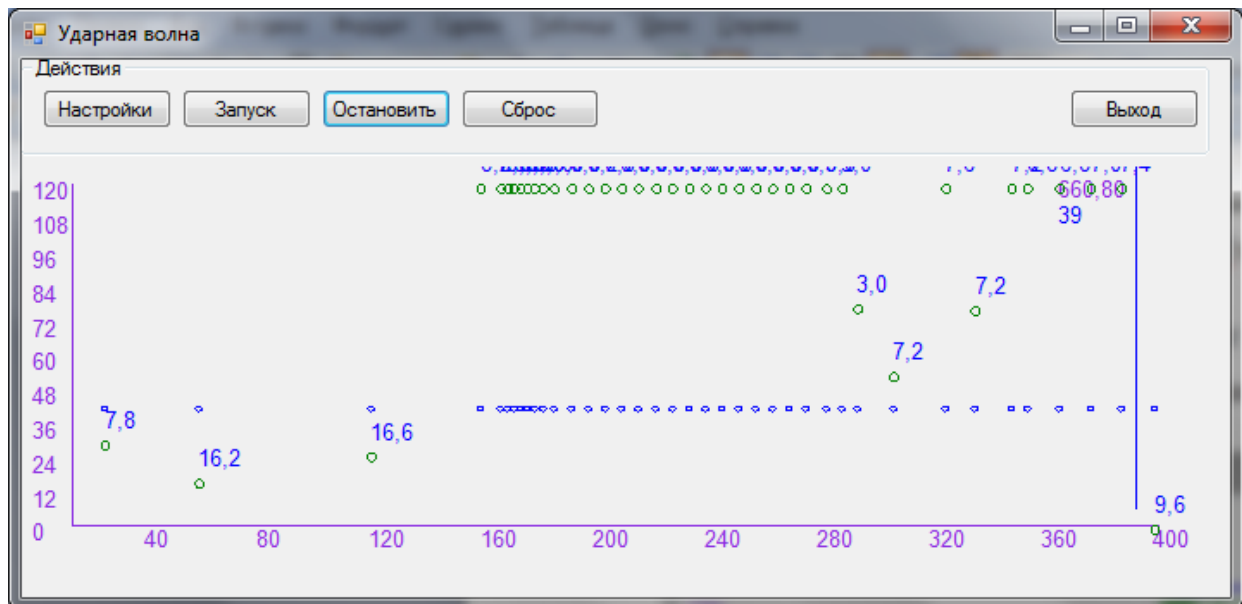


Рисунок 2 – Формування ударної хвилі у транспортному потоці

Порівняльний аналіз значень часу проїзду по ділянці, отриманих за допомогою експериментальних досліджень на реальній ВДМ та у результаті імітаційного моделювання представлено у табл. 2.

Таблиця 2.

Порівняльний аналіз часу проїзду по ділянці в період максимального транспортного завантаження

№ експериментального вимірювання часу проїзду	Час проїзду ділянки (експериментальні дослідження), с	Час проїзду ділянки (імітаційна модель), с	Абсолютне відхилення, с	Відносне відхилення, %
1	546	543	3	0,55
2	542	524	18	3,32
3	611	522	89	14,57
4	484	514	30	6,20
5	602	547	55	9,14
6	538	535	3	0,56
7	547	546	1	0,18
Середні значення	552,86	533,00	19,86	4,93

Отриманий результат підтвердив адекватність розробленої імітаційної моделі визначення швидкості АТЗ у потоці, оскільки середнє відносне відхилення значень часу проїзду по досліджуваній ділянці ВДМ не перевищує 10 %. Отже, запропонована імітаційна модель може бути застосована для

визначення параметрів управління швидкісним режимом на підході до зони затору. Надалі визначаємо параметри руху АТЗ на перегоні в умовах високої щільності ТП [1]. На підставі отриманих аналітичних залежностей запропоновано алгоритм визначення параметрів зміни швидкісного режиму на ділянці ВДМ (рис. 3).



Рисунок 3 – Алгоритм визначення параметрів зміни швидкісного режиму на підході до зони затору

На першому етапі розраховуються параметри розміщення технічних засобів регулювання дорожнього руху. Визначаємо перетин перегону ВДМ, на якому скасовується обмеження швидкісного режиму для ділянки з інтенсивністю ТП 1217 авт./год.

При такій інтенсивності на підході до перехрестя після дев'яти хвилин руху на ділянці накопичується черга АТЗ, яка провокує перехід ТП в заторовий стан:

$$l_{\text{зн}}^{\text{отм}} = l_{\text{очередь}} = \frac{1217 \cdot (5 + 1)}{69,23 - 69,23 \cdot 0,481} = 202,226 \approx 203 \text{ м}$$

Рівень зниження швидкісного режиму розраховуємо із урахуванням пропускної спроможності регульованого перехрестя. В якості вхідних параметрів маємо: цикл регулювання $T_{\text{ц}}$ - 52 с, тривалість основного такту в даному напрямку t_3 - 25 с, швидкість руху в зоні перехрестя 45 км/год:

$$P_{\text{огр}} = P_{\text{пер}} = \frac{3600 \cdot (25 - \frac{45}{26 \cdot 2,5})}{2 \cdot 52} = 841,42 \approx 841 \text{ авт./год.}$$

Для визначення значення швидкості в зоні обмеження розраховуємо щільність ТП на перегоні на підставі значень інтенсивності потоку, на вході перегону і пропускної спроможності перегону в перетині стоп-лінії (наприкінці перегону):

$$q = \frac{1217 - 841}{0,38} = 989,474 \approx 990 \text{ авт./км.}$$

Отримане значення щільності ТП є нереальним, оскільки при такій кількості автомобілів вони будуть займати смугу довжиною не менш 5,9 км. Але отриманий результат передбачає виникнення мережевого транспортного затору, який збігається як із реальною транспортною ситуацією, так і з результатами імітаційного моделювання. Отримані значення припускають виникнення мережевого транспортного затору, що підтверджується і реальною транспортною ситуацією, і результатами імітаційного моделювання. Так, після 24 хв моделювання було отримано повне заповнення досліджуваної ділянки автомобілями, із подальшою зупинкою на перегоні (рис. 4) з поширенням на сусідній перегін, що підтверджено натурними обстеженнями.

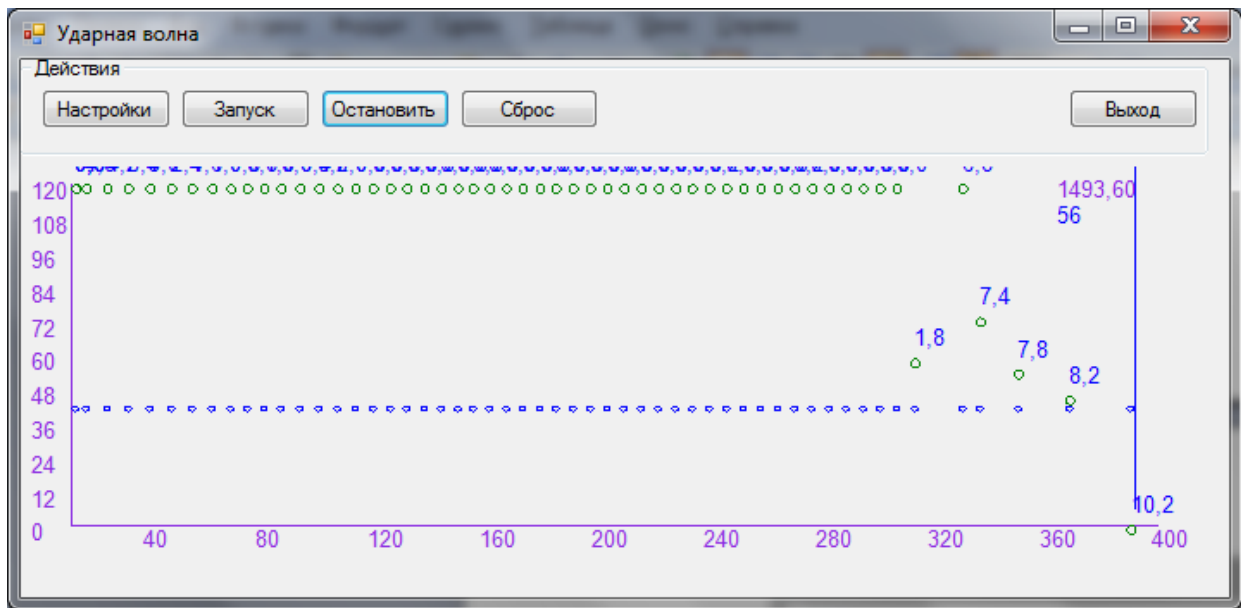


Рисунок 4 – Процес формування ділянки ВДМ підвищеної щільності

Тому для подальших розрахунків приймаємо максимально можливу щільність ТП - 120 авт./км, що відповідає розрахунковій довжині автомобіля 5 м і зазору безпеки в потоці 1 м. Тоді швидкість в зоні обмеження складе:

$$V = \frac{841}{120} = 7,008 \approx 7 \text{ км/год.}$$

Відповідно з вимогами до технічних засобів організації дорожнього руху на дорожньому знаку, який інформує водіїв АТЗ про швидкісний режим, відображаємо значення швидкості: на дорожній знак 3.29 виноситься зменшення швидкості руху – 10 км/год. На підставі отриманих результатів розраховуємо перетин ділянки, на якому вводиться обмеження швидкісного режиму:

$$l_{\Delta V} = 11,11 \cdot \left(0,1 + \frac{0,35}{2} \right) + \frac{11,11^2}{2 \cdot 1,8} - \frac{1,8 \cdot 0,35^2}{24} = 37,333 \approx 37 \text{ м.}$$

Отримані параметри є вхідними для розробленої імітаційної моделі «Ударна хвиля». Робочу область призначеного для користувача інтерфейсу із відповідними настройками параметрів швидкісного режиму на перегоні ВДМ представлено на рис. 5.

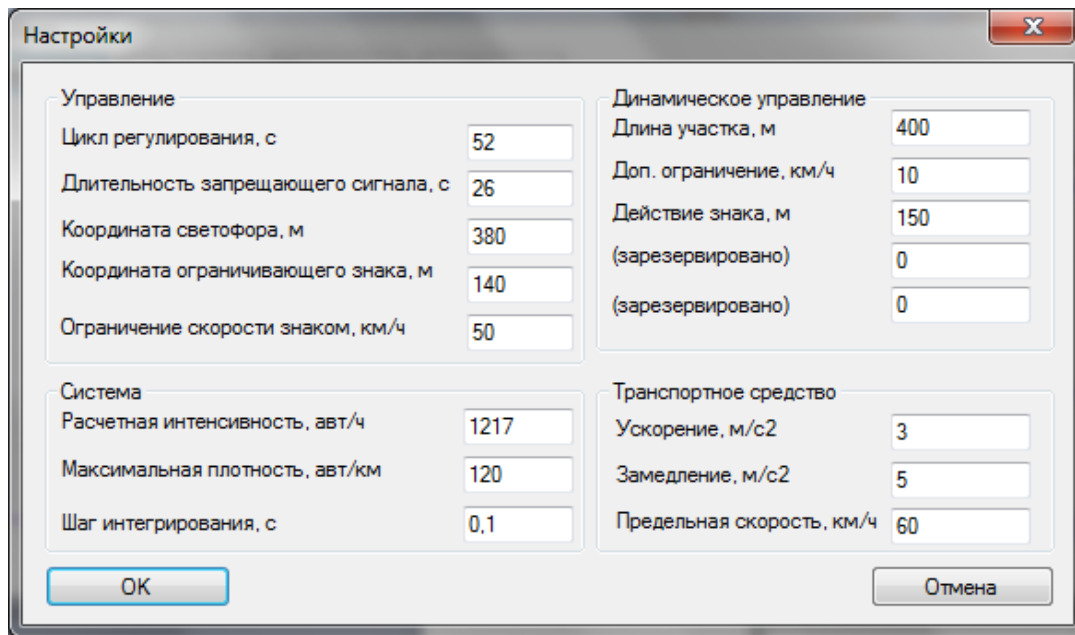


Рисунок 5 – Робоче вікно налаштування параметрів імітаційної моделі

У процесі моделювання отримано результат, який підтверджує, що при інтенсивності 1217 авт./год режим руху ТП є стійким і не переходить у заторовий стан (рис. 6) та супроводжується невисоким темпом накопичення АТЗ у стоп-лінії, при якому всі АТЗ, що зупинилися на заборонний сигнал, проїжджають протягом наступного основного такту регулювання. Отриманий результат моделювання підтверджує, що шляхом зниження швидкісного режиму на ділянці ВДМ можливо запобігти переходу ТП в заторовий стан та підвищити пропускну спроможність, що безпосередньо впливає на ефективність функціонування перегону ВДМ.

Подальше обмеження доступу АТЗ в зону утворення затору здійснюється шляхом обмеження швидкості руху, що відповідає класичному формулюванню однієї з основних цілей управління дорожнім рухом - забезпечення оптимальної швидкості руху. Саме в умовах руху по міській ВДМ, де висока швидкість руху на локальних ділянках не призводить до зниження часу руху як на ділянках, так і по мережі в цілому (наявність заторів, рух в колонах з частими зупинками).

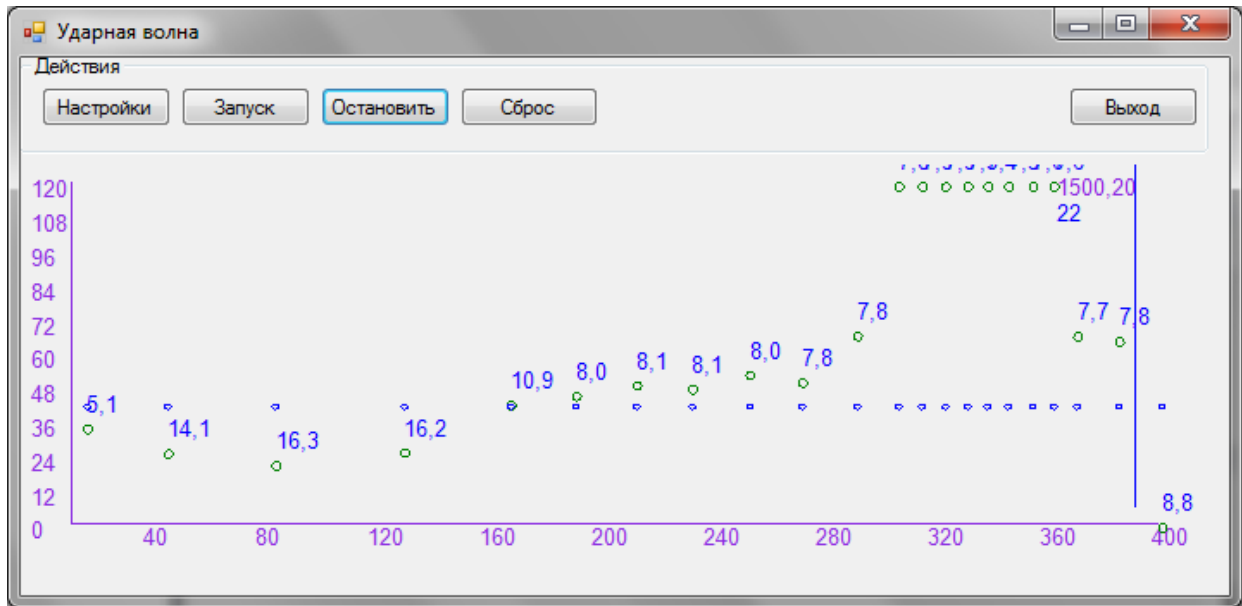


Рисунок 6 – Процес руху АТЗ без затору

При обмеженні швидкісного режиму накопичення АТЗ у черзі виключається і час проїзду ($T_{пер}$, с) по перегону ВДМ може бути визначено залежністю:

$$t_{огр} = \frac{L_{огр}}{V_{огр}} + 0,24 \cdot V_p, \quad (1)$$

де $t_{огр}$ – час проїзду зони обмеження швидкості, с; $L_{огр}$ – довжина зони обмеження, м; $0,24 \cdot V_p$ – середні втрати часу в результаті розгону-гальмування, с; V_p – середня швидкість руху на під'їзді до перетину, м/с; $V_{огр}$ – швидкість руху АТЗ в зоні обмеження, м/с.

Тоді час проїзду по всьому перегону розраховуємо по залежності:

$$T_{пер} = \frac{L_{пер} - L_{огр}}{V_{св}} + \frac{L_{огр} \cdot 3,6}{V_{огр}} + 0,24 \cdot V_p. \quad (2)$$

Так, для проїзду по досліджуваній ділянці цей час складе:

$$T_{пер} = \frac{380 - 37}{13,9} + \frac{37}{2,78} + 0,24 \cdot 13,9 = 41,32 \text{ с.}$$

Результати вимірювань фактичних значень часу проїзду по ділянці просп. Науки і тривалості руху по ньому після введення обмеження швидкісного режиму в модельному експерименті представлено в табл. 3.

Результати визначення часу проїзду перегону ВДМ

Період часу, год	Інтенсивність ТП на перегоні, авт./год	Час проїзду ділянки фактичний, с	Час проїзду ділянки при обмеженні швидкісного режиму, с	Різниця до та після введення обмеження швидкісного режиму, с	Відносне відхилення, %
7:30-8:30	853	52	41	11	21,15
8:30-09:30	3286	516	41	475	92,05
17:00-18:00	1340	72	41	31	43,06
18:00-19:00	1492	117	41	76	64,96

Вочевидь, зменшення часу проїзду по перегону ВДМ в результаті зміни швидкісного режиму відбувається як в періоди максимальної транспортної завантаження - в години «пік», так і в міжпикові періоди. Так, в ранкову годину «пік» час проїзду перегону знижується на 92,05%, а у вечірній час «пік» час проїзду перегону - на 64,96%.

Практична реалізація запропонованих заходів щодо підвищення пропускної спроможності елементів ВДМ можлива за наявності технічних засобів регулювання: детекторів транспорту і дорожніх контролерів, які виконують функцію пристроїв місцевого управління. Проведемо оцінку ефективності застосування динамічного управління ДР на основі запропонованого узагальненого показника ефективності [5], до складу якого входять показники ефективності соціальної, економічної, екологічної, енергетичної та техніко-експлуатаційної груп.

У табл. 4 наведено відповідні показники з розглянутих груп показників ефективності. Для оцінки ефективності функціонування досліджуваної ділянки просп. Науки до і після зміни швидкісного режиму на перегоні враховуємо значення параметрів ТП, які спостерігаються в годину «пік» на ВДМ, а також параметри руху АТЗ, які отримали в результаті моделювання після обмеження швидкісного режиму на ділянці.

Таблиця 4.

Показники ефективності функціонування елементів ВДМ

Умовне позначення	Найменування показника	Одиниці виміру	Розрахункова формула
A1	Витрати часу на перегоні ВДМ	с	$T_{nep} = \frac{L_{nep} - L_{ozp}}{V_{cv}} + \frac{L_{ozp} \cdot 3,6}{V_{ozp}} + 0,24 \cdot V_p$
A2	Транспортні витрати на проїзд ТП по перегону ВДМ	грн.авт./км	$S_{i-j} = C_{cp(i-j)} \cdot T_{nep} \cdot N_{прив(i-j)}$
A3	Середня швидкість руху по перегону	км/ч	$V_{n(i-j)} = \frac{L_{i-j}}{\frac{L_{i-j} - L_{ozp}}{V_{cv}} + \frac{L_{ozp}}{V_{ozp}}}$
Викиди забруднюючих речовин:			
A4	СО	г/мин	$M_L = \frac{L}{3600} \cdot \sum_1^k M_{ki}^n \cdot G_k \cdot k_v \cdot r_{v_{ki}}$
A5	NO ₂		
A6	СН		
A7	SO ₂		
A8	Формальдегід		
A9	сполуки свинцю		
A10	Шум прискорення		
A11	Коефіцієнт зниження швидкості	-	$K_v = \frac{V_c}{V_p}$

На підставі отриманих вихідних параметрів руху ТП розраховуємо показники ефективності досліджуваної ділянки ВДМ. Розраховані показники формують матриці спостереження для перехрестя та перегонів. Результати розрахунків показників ефективності функціонування ВДМ до і після зміни швидкісного режиму (для години «пік») представлені в табл. 5-6.

Таблиця 5.

Матриця спостережень для оцінки ділянки до зміни швидкісного режиму
в період з 08:30 до 09:30

Перегони, що примикають до перехрестя	Показники ефективності функціонування елементів ВДМ										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
	с	грн.авт./км	км/год	г/мин	г/мин	г/мин	г/мин	г/мин	г/мин	м/с ²	-
А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 (від вул. О. Яроша)	516,0	79126,9	3,0	170346,2	83398,7	65654,3	12066,2	2306,8	887,2	6,8	0,1
2 (від вул. Новгородської)	19,0	1630,6	46,0	35308,8	17286,6	13608,6	2501,0	478,1	183,9	0,5	0,9

Продовження таблиці 5

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 (від вул. Минської)	24,0	131,0	40,0	3369,6	1649,7	1298,7	238,6	45,6	17,5	0,7	0,8
X_k серед	186,3	26962,8	29,6	69674,8	34111,6	26853,8	4935,3	943,5	362,8	2,6	0,5
S_k	285,5	45181,6	23,2	88634,4	43393,9	34161,2	6278,2	1200,2	461,6	3,5	0,4

Таблиця 6.

Матриця спостережень для оцінки ділянки просп. Науки після зміни швидкісного режиму в період з 08:30 до 09:30

Перегони, що примикають до перехрестя	Показники ефективності функціонування елементів ВДМ										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
	c	грн.авт./км	км/год	г/мин	г/мин	г/мин	г/мин	г/мин	г/мин	м/с ²	-
1 (від вул. О. Яроша)	41,0	6287,2	33,0	126182,4	61776,8	48632,8	8937,9	1708,7	657,2	6,8	0,7
2 (від вул. Новгородської)	19,0	1630,6	46,0	35308,8	17286,6	13608,6	2501,0	478,1	183,9	0,5	0,9
3 (від вул. Минської)	24,0	131,0	40,0	3369,6	1649,7	1298,7	238,7	45,6	17,6	0,7	0,8
X_k серед	28,0	2682,9	39,7	54953,6	26904,4	21180,0	3892,6	744,2	286,2	2,7	0,8
S_k	11,5	3210,2	6,5	63719,6	31196,0	24558,6	4513,5	862,9	331,9	3,6	0,1

Результати процедури стандартизації отриманих матриць спостережень наведені в табл. 7-8.

Таблиця 7.

Стандартизована матриця для оцінки ділянки просп. Науки до зміни швидкісного режиму

Перегони, що примикають до перехрестя	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
1 (від вул. О. Яроша)	1,155	276,489	-0,642	595,984	291,451	229,301	41,609	7,427	2,455	-0,629	-0,652
2 (від вул. Новгородської)	-0,586	5,058	-0,492	123,016	59,894	47,011	8,107	1,022	-0,009	-0,651	-0,649
3 (від вул. Минської)	-0,569	-0,194	-0,513	11,149	5,125	3,896	0,183	-	-0,591	-0,650	-0,650
Еталонне значення	-0,586	-0,194	-0,492	11,149	5,125	3,896	0,183	-	-0,591	-0,651	-0,652

Таблиця 8.

Стандартизована матриця для оцінки ділянки просп. Науки після зміни швидкісного режиму

Перегони, що примикають до перехрестя	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
1 (від вул. О. Яроша)	1,127	1,123	-1,025	1,118	1,118	1,118	1,118	1,118	1,118	-0,842	-1,025
2 (від вул. Новгородської)	-0,780	-0,328	0,973	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,861	0,973
3 (від вул. Минської)	-0,347	-0,795	0,051	-0,810	-0,810	-0,810	-0,810	-0,810	-0,810	-0,860	0,051
Еталонне значення	-0,780	-0,795	0,973	-0,810	-0,810	-0,810	-0,810	-0,810	-0,810	-0,861	-1,025

В результаті проведення необхідних розрахунків отримані значення узагальнюючих показників оцінки ефективності досліджуваних перегонів ВДМ (табл. 9).

Таблиця 9.

Узагальнюючі показники ефективності досліджуваних перегонів ВДМ

Перегони, що примикають до перехрестя	Комплексний показник ефективності функціонування елемента ВДМ (d^*_i)	
	до зміни швидкісного режиму	після зміни швидкісного режиму
1 (від вул. Отакара Яроша)	0,1014	0,2224
2 (від вул. Новгородської)	0,7112	0,7828
3 (від вул. Минської)	0,7491	0,7983

На підставі отриманих значень узагальнюючих показників ефективності будуємо радар ефективності ділянок ВДМ (рис. 7).

Відповідно до методики побудови радара оцінки визначаємо значення узагальнюючого показника ефективності функціонування ділянки ВДМ:

$$S_p^{до} = 0,1337, S_p^{після} = 0,1763$$

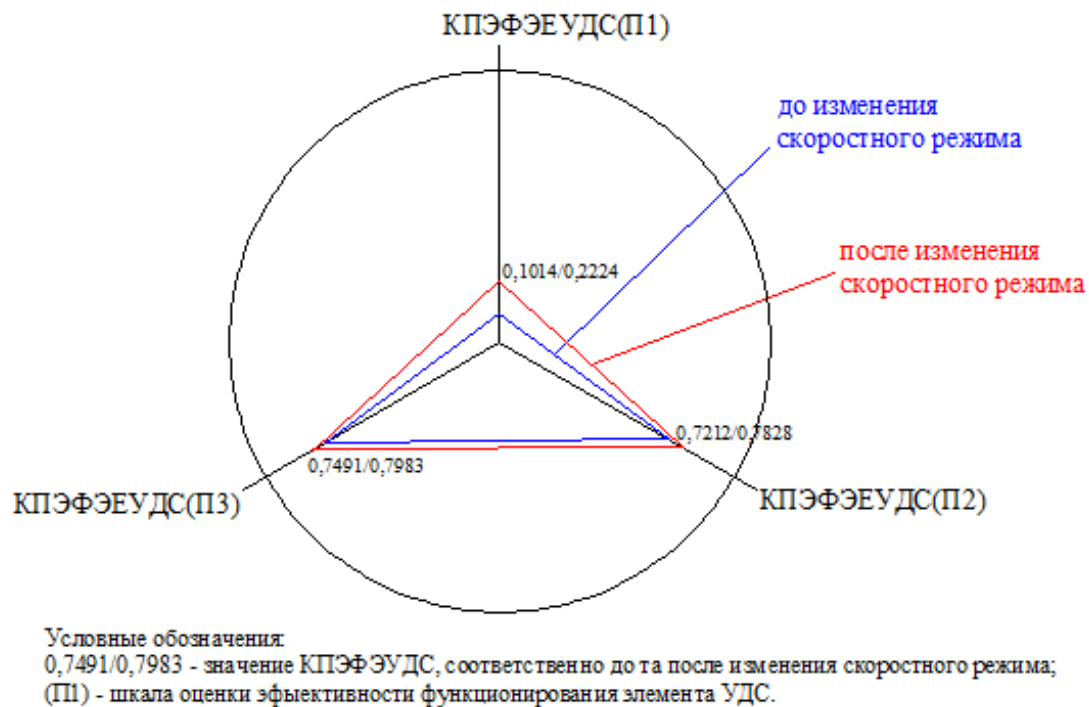


Рисунок 7 – Радар оцінки ефективності функціонування елемента ВДМ до та після обмеження швидкісного режиму

Відносна площа радара (\mathcal{E}) для досліджуваної ділянки ВДМ до та після введення параметрів зміни швидкісного режиму на перегоні складе:

$$\mathcal{E}^{до} = \frac{0,1337}{3,14} = 0,04259, \quad \mathcal{E}^{після} = \frac{0,1763}{3,14} = 0,05616$$

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{0,05616 - 0,04259}{0,04259} \cdot 100 = 31,86\%$$

Результати розрахунків свідчать, що ефективність функціонування ділянки ВДМ після зміни швидкісного режиму підвищується на 31,86%. Запропонований спосіб динамічного управління дорожнім рухом для підвищення ефективності функціонування ВДМ на основі зміни швидкісного режиму ТП на окремих ділянках мережі дозволяє запобігти появі черги АТЗ, а отже і формування заторів на ВДМ.

Таким чином, можна стверджувати, що зміна швидкісного режиму на перегонах дозволяє підвищити ефективність функціонування ВДМ, а також

параметри зміни швидкісного режиму можуть застосовуватися з метою підвищення пропускної спроможності ВДМ та її продуктивності.

REFERENCES

1. Shembel E.M., Nagirny V.M., Apostolova R.D., Baskevich A.S., Novak P. Electrolytic synthesis of oxide compounds as the basis for high-performance materials for lithium batteries. Dnepropetrovsk: UDHTU, 2006. 207 p. (In Russian).
2. Nagirny V.M., Apostolova R.D., Shembel O.M. Synthesis and electrochemical characteristics of electrolytic metal-oxide and metal-sulfide electrodes for lithium accumulator systems. Dniepropetrovsk: UDHTU. 2008. 246 p. (In Russian).
3. Apostolova R.D., Shembel E.M. Thin-layer electrolytically synthesized sulphides and oxides of transition metals for lithium power sources. Monograph. Dnipro: LIRA. 2019. 264 p. (In Ukrainian).
4. Poizot P., Laruelle S., Grugeon S., Dupon L., Tarascon J.-M. Nano-Sized Transition-Metal Oxides as Negative-Electrode Materials for Lithium-Ion Batteries // *Nature* (London). – 2000. – Vol. 407. – No. 6803. – P. 496-499.
5. Abdulla Ali. Metal Sulfides as Anode for Lithium Ion and Sodium Ion Battery. (2017). Electronic thesis and dissertation repository. 5019. <https://ir.lib.uwo.ca/etd/5019>.
6. Patent 81846 H01 M 4/06 MPK (2006). The method of producing a cathodes for lithium batteries / Apostolova R.D., Nagyrny V.M., Bannik N.G., Shembel E.M. № a 2006 04872; Announc. 03.05.2006; publish. 15.09.2006. Bult. № 9.
7. Apostolova R.D., Kolomoyets O.V., Tisyachniy V.P., Shembel E.M. Obtaining electrolytic sulfide materials. Binary sulfide compounds // *Voprosi khimii i khimicheskoy tekhnologii*. – 2009. – № 2. – P. 137–143. (In Russian).
8. Korchevskaya L., Apostolova R.D., Artamonov V., Shembel E.M. Synthesis aspects of the electrolytic iron sulfides, nickel sulfides and Fe, Ni sulfide compounds // *Chemistry and modern technologies. V Inter. Sci.-technical conf. students, graduate students and young scientists. Vom. I. – Dniepropetrovsk, 2011. P. 128. (In Russian).*

9. Apostolova R.D., Kolomoyets O.V., Shembel E.M. The electrolytic bi-metal-sulfides Fe, Ni in Li-accumulator prototype // Proceedings VIII Inter. conf. «Fundamental problems of electrochemical energy: EHE–2011», Saratov, Russia, 3–7 October 2011. – Saratov, 2011, P. 20–24. (In Russian).
10. Apostolova R.D., Shembel E.M., Talyosef I., Grinblat J., Markovsky B., Aurbach D. Study of electrolytic cobalt sulfide Co_9S_8 as an electrode material in lithium accumulator prototypes // Russian Journal of Electrochemistry. – 2009. – Vol. 45, № 3. – P. 311– 319.
11. Nyquist R.A., Kagel R.O. Infrared spectra of organic compounds N.Y., L: Acad. Pres., 1971. 495 p.
12. Yan J.M., Huang H.Z., Zhang J., Liu Z.J., Yang Y. A study of novel anode material CoS_2 for lithium ion battery // J. Power Sources. – 2005. – Vol. 146. – P. 264–269.
13. Apostolova R., Peskov R., Shembel E. Features of electrochemical transformation of LiMn_2O_4 composition with Norit carbon filler in a model lithium accumulator // Surface Engineering & Applied Electrochemistry. – 2015. – Vol. 51. – P. 296–303.
14. Zjemszkova L.A., Sheveljova I.V. Rosiyskiy khimicheskiy jurnal (Jurnal Rosiyskogo Khimicheskogo obshchestva imeni D.M. Mendelyeyeva) // Russian Chemical Journal. – 2004. Vol. XLVIII. – P. 53.
15. Apostolova R., Chivikov S., Kirsanova I., Shembel E. Investigation of electrolytic iron oxy-sulfides for lithium secondary batteries with polymer electrolytes / Abstr. of Int. conf. 6th Advanced Batteries and Accumulators – ABA–2005. Brno (Czech. Republic). 2005.
16. Друк ультрафіолетовими чорнилами - Електронний ресурс] / [б/а] Друк ультрафіолетовими чорнилами - Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Друк_ультрафіолетовими_чорнилами
17. Прогресс технологии: UV vs LED лампам [Електронний ресурс] / [б/а] - LED-сушильні лампи - Режим доступу: <https://pechatnick.com/articles/progress-tehnologii-uv-vs-led-lampi>

18. Где применяются УФ-краски? [Электронный ресурс] / [б/а] - Преимущества и недостатки печати UV-красками - Режим доступа: <https://print-info.ru/articles/pechat-uf-kraskami.html>

19. Азарова А. О., Роїк О. М. Електронний цифровий підпис як засіб захисту інформації на вітчизняних підприємствах. Дніпропетровськ : ПДАБА, 2012. С.258–263.

20. Волинець В. І. Електронний цифровий підпис: сутність, принципи дії та порядок отримання. URL : <http://dspace.tneu.edu.ua/bitstream/316497/23292/1/111-112.pdf> (дата звернення 22.06.2020 р.).

21. Горбенко Ю. І. Інфраструктури відкритих ключів. Електронний цифровий підпис. Теорія та практика : [монографія] / Ю. І. Горбенко, І. Д. Горбенко. – Харків : Форт, 2010. – 608 с.

22. Горбенко І. Д. Прикладна криптологія. Теорія. Практика. Застосування : монографія / І.Д. Горбенко, Ю.І. Горбенко ; Харк. нац. ун-т радіоелектрон., ЗАТ “Ін-т інформ. технологій”. – Х. : Форт, 2012. – 868 с.

23. Belov, A.A., Gvozdev, A.V. (2007). Modul'noe postroenie avtomatizirovannoj sistemy upravlenija organizacionnymi processami [Modular construction of an automated system of organizational process management]. *Bulletin of University in Ivanovo, Russia*, 3, 1–6.

24. Varlamov, I.D., Gacenko, S.S. (2014). Model' informacijnih potokiv avtomatizovanih sistem upravlinnja [Model of information flows in automated control systems]. *Advanced information technology in security and defense, Ukraine*, 3(21), 5–10.

25. Ventcel', H.S., Ovcharov, L.A. (1991). *Teorija sluchajnyh processov i ee inzhenerne prilozhenija* [Theory of random processes and its engineering applications]. Moscow, Russia: Science.

26. Fridland, A.J. (2005). *Osnovnye resursy informatiki* [The main resources of computer science]. Moscow, Russia: Astrel.

27. Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, 379–423. Retrieved from <http://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>
28. Volkenstein, M. (2009). *Entropy and information*. Translated by Abe Shenitzer and Robert G. Bruns. Germany, Berlin: Birkhäuser Verlag AG.
29. Avsent'ev, A.O. (2016). Opredelenie cennosti informacii [Estimation of the information value]. *Lectures of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*, 1, 21-24.
30. Ларичев, О. И. (2003). Теория и методы принятия решений. Москва: Логос.
31. Орлов, А. И. (2002). Экспертные оценки. Москва: Экзамен.
32. Коваленко, И. И., Пономаренко, Т. В. (2008). Анализ подходов к выбору методов обработки экспертных оценок. *Сборник научных трудов ХНТУ*, 1(30), 45-51.
33. Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52(3), 591-611.
34. Тоценко, В. Г. (2003). Об унификации алгоритмов организации экспертиз. *Системные исследования и информационные технологии*, 1, 96-101.
35. Epps, T. W. & Pulley, L. B. (1983). A test for normality based on the empirical characteristic function. *Biometrika*, 70, 723-726. doi: 10.1093/biomet/70.3.723
36. Коваленко, И. И., Гожий, А. П. (2006). Нетрадиционные методы статистического анализа данных. Николаев: Илион.
37. Andrews, D. F., Bickel, P. J., Hampel, P. J., Huber, P. J., Rogers, W. H. & Tukey, J. W. (1972). *Robust Estimates of Locations: Survey and Advances*. Princeton, NJ, Princeton University Press.
38. Hogg, R. V. (1974). Adaptive robust procedures: a partial review and some suggestions for future applications and theory. *Journal of the American Statistical Association*, 69(348), 909-923. doi: 10.1080/01621459.1974.10480225

39. Reed, III J. F. & Stark, D. B. (1996). Hinge estimators of location: Robust to asymmetry. *Computer methods and programs in Biomedicine*, 49, 11-17.
40. Reed, III J. F. (1998). Contributions to adaptive estimation. *Journal of Applied Statistics*, 25(5), 651-669.
41. Hersgaard, D. (1979). Distributions of asymmetric trimmed means. *Communications in statistics: Simulation and Computation*, B, 8(4), 359-367.
42. Коваленко, И. И., Швед, А. В. (2010). Классификация групповых экспертных оценок с применением адаптивных робастных статистических процедур. *Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов*, 6(71), 74-89.
43. Hogg, R.V. & Lenth, R. V. (1984). A review of some adaptive statistical techniques. *Communications in Statistics – Theory and methods*, 13, 1551-1579.
44. Hogg, R. V., Horn, P. S. & Lenth, R. V. On adaptive estimation. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 333–343.
45. Balakrishnan, N. (2007). Parameters, order statistics, outliers and robustness. *Revista Matematica Complutense*, 20(1), 7-107.
46. Saaty, T. (1980). The analytic hierarchy process: panning, priority setting, resource allocation. Front cover. New York: McGraw Hill.
47. Dopazo, E., Lui, K., Chouinard, S. & Guisse, J. (2014). A parametric model for determining consensus priority vectors from fuzzy comparison matrices. *Fuzzy Sets and Systems*, 246, 49-61. doi: 10.1016/j.fss.2013.07.022
48. Bulut, E., Duru, O., Keçeci, T. & Yoshida, S. (2012). Use of consistency index, expert prioritization and direct numerical inputs for generic fuzzy-AHP modeling: a process model for shipping asset management. *Expert Systems with Applications*, 39(2), 1911-1923. doi: 10.1016/j.eswa.2011.08.056
49. Chang, D. Y. (1992) Extent analysis and synthetic decision, optimization techniques and applications. *World Scientific*, 1, 352-355.
50. Dermirel, T., Demirel, N. C. & Kahraman, C. (2008). Fuzzy analytic hierarchy process and its application. *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory*

and Applications with Recent Developments/ C. Kahraman (ed). New York: Springer, 16, 53-84.

51. Wang, Y. M., Yang, J. B. & Xu, D. L. (2005a). A two-stage logarithmic goal programming method for generating weights from interval comparison matrices. *Fuzzy Sets and Systems*, 152, 475-498. doi: 10.1016/j.fss.2004.10.020

52. Wang, Y. M., Yang, J. B. & Xu, D. L. (2005b). Interval weight generation approaches based on consistency test and interval comparison matrices. *Applied Mathematics and Computation*, 167, 252-273. doi: 10.1016/j.amc.2004.06.080

53. Wang, Y. M. & Elhag, T. M. S. (2007). A goal programming method for obtaining interval weights from an interval comparison matrix. *European Journal of Operational Research*, 177, 458-471. doi: 10.1016/j.ejor.2005.10.066

54. Sugihara, K., Ishii, H. & Tanaka, H. (2004). Interval priorities in AHP by interval regression analysis. *European Journal of Operational Research*, 158(3), 745-754. doi: 10.1016/S0377-2217(03)00418-1

55. Ужга-Ребров, О. И. (2010). Управление неопределенностями. Часть 3 «Современные невероятностные методы». Резекне: RA Izdevnieciba. ISBN 978-9984-44-041-5

56. Beynon, M. J., Curry, B. & Morgan, P. (2000). The Dempster–Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modeling. *Omega*, 28(1), 37-50. doi: 10.1016/S0305-0483(99)00033-X

57. Dempster, A. P. (1967). Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. *Annals of Mathematical Statistics*, 38(2), 325-339. doi: 10.1214/aoms/1177698950

58. Shafer, G. (1976). A mathematical theory of evidence. Princeton: Princeton University Press.

59. Smarandache, F. & Dezert, J. (2004). Advances and applications of DS_mT for information fusion. Collected Works, 1. Rehoboth: American Research Press. ISBN 1-931233-82-9

60. Smarandache, F. & Dezert, J. (2006) Advances and applications of DS_mT for information fusion. Collected Works, 2. Rehoboth: American Research Press. ISBN 1-59973-000-6
61. Beynon, M. J. (2002). DS/AHP method: a mathematical analysis, including an understanding of uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 140, 148-164. doi: 10.1016/S0377-2217(01)00230-2
62. Dezert, J., Tacnet, J. M., Batton-Hubert, M. & Smarandache, F. (2010). Multi-criteria decision making based on DS_mT-AHP. *BELIEF 2010: Workshop on the Theory of Belief Functions*, Apr 2010, Brest, France.
63. Коваленко, И. И., Гожий А. П. (2006). Системные технологии генерации и анализа сценариев: монография. Николаев: гос. гуманитар. ун-т им. П.Могила комплекса "Киево-Могилянская академия".
64. Орлов, А. И. (1996). Экспертные оценки. *Заводская лаборатория*, 1(62), 54-60.
65. Орлов, А. И. (2011). Организационно-экономическое моделирование: экспертные оценки. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана.
66. Орлов, А. И. (2002). Эконометрика. Москва: Экзамен.
67. Kemeny, J. G. & Snell, J. L. (1963). *Mathematical models in the social sciences. Introduction to higher mathematics.* New York, Toronto, London, Blaisdell Publishing Company, A Division of Ginn and Company, Second Printing.
68. Раушенбах, Г. В. (1985). Меры близости и сходства. В кн.: *Анализ нечисловой информации о социологических исследованиях.* Москва: Наука, 169-203.
69. Орлов, А. И. (2015). Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений. Москва: КноРус.
70. Горохов В.А. Зеленая природа города: учебн. пособие. Москва: Стройиздат, 2003. 528 с.
71. Смоляр И.М., Микулина Е.М., Благовидова Н.Г. Экологические основы архитектурного проектирования. Москва, 2010. 157 с.
72. Иовлев В. И. Архитектурное пространство и экология: Монография / В.И. Иовлев. // Екатеринбург: Архитектон, 2006. - 298 с.

73. Пипуныров П.Н. Фактор местности в архитектуре биоклиматического малоэтажного здания. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/faktor-mestnosti-v-arhitekture-bioklimaticheskogo-maloetazhnogo-zhilogo-zdaniya>

74. Колчунов, Вл.И. & Яковенко, И.А. (2011). Жилые и общественные здания : краткий справ. инженера-конструктора. А. Дыховичный и В. Колчунов (Ред.), *Общие указания по проектированию усиления железобетонных конструкций*. (3 т., с. 311–428). Москва: АСВ.

75. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. ДСТУ Б.В.3.1–2:2016. (2017).

76. Голышев, А.Б, Колчунов, Вл.И. & Яковенко, И.А. (2015). *Сопротивление железобетонных конструкций, зданий и сооружений, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях*. Киев: Талком.

77. Лазовский, Д.Н. (2008). Проектирование реконструкции зданий и сооружений, Ч. 2. Оценка состояния и усиление строительных конструкций Новополюцк : ПГУ.

78. Голышев, А.Б., Кривошеев, П.И., & Козелецкий, П.М. (2008). *Расчет и технические решения усилений железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований*. Киев: Логос.

79. Ржаницын, А. Р. (1986). *Составные стержни и пластинки*. Москва: Стройиздат.

80. Баширов, Х.З., Колчунов, Вл.И., Федоров, В.С. & Яковенко, И.А. (2017). *Железобетонные составные конструкции зданий и сооружений*. Москва: АСВ.

81. Колчунов, В.И. & Яковенко И.А. (2011). Об использовании гипотезы плоских сечений в железобетоне. *Строительство и реконструкция*, №6(38), 16–23.

82. Бамбура, А.М., Павліков, А.М., Колчунов, В.І., Кочкаръов, Д.В. & Яковенко, И.А. (2017). *Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН 2.6.В–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну*. Київ: Толока.

83. Плевков, В.С., Мальганов, А.И. & Балдин И.В. (2011). *Оценка технического состояния, восстановление и усиление строительных конструкций инженерных сооружений*. Москва: АСВ.

84. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. ДБН В.2.6-162:2010. (2011).

85. Клименко, Є.В. (2004). *Технічна експлуатація і реконструкція будівель та споруд*. Полтава: ПолНТУ.

86. Бакулін, Є.А. (2014). Визначення впливу нової забудови на фундаменти існуючих будівель. *Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник*, 53, 10–15.

87. Яковенко, И.А. & Колчунов, Вл.И. (2007). Анализ накопленного опыта реконструкции жилых зданий применительно к условиям Украины. *Будівництво України*, 5, 25–29.

88. Колчунов, Вл.И. & Яковенко, И.А. (2007). Анализ реконструкции жилых зданий и формулирование основных принципов. *Будівництво України*, 8, 9–13.

89. Колчунов, В. & Яковенко І. (2008). Патент України 30132. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».

90. Колчунов, В., Бакулін, Є., Коба В. & Яковенко І. (2007). Патент України 24095. Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності».

91. Константинов Ю.М., Гіжа О.О. *Инженерная гидравлика: Підручник* – К.: Слово, 2006. – 432 с.

92. Рогалевич Ю.П. *Гидравлика: Підручник / За ред. акад. УААН П.І. Коваленка*. – К.: Вища школа, 2010. – 431 с.

93. Azimi A.H., Rajaratnam N., Zhu D.Z. Discharge characteristics of weirs of finite crest length with upstream and downstream ramps. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 139(1), 2013. – p. 75–83.

94. Sturm T.W. *Open Channel Hydraulic McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering International Edition*, 2001. – 500 p.

95. Hager W.H., Schwalt M. Broad-crested weir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 120(1), 1994. – p. 13–26.
96. Рекомендации по гидравлическому расчету водосливов. Ч. I. Прямые водосливы. П-18-74. – Л.: Энергия, 1974. – 58 с.
97. Справочник по гидравлике / Под ред. В.А. Большакова.– К.: Вища школа, 1984. – 343 с.
98. Govinda Rao N.S., Muralidhar D. Discharge characteristics of weirs of finite-crest width. *La Houille Blanche*, N5, 1963, p. 537–545.
99. European waters. Assessment of status and pressures 2018. EEA Report No7/2018. European Environment Agency. 2018, 85 p.
100. Ward P.J., Kumm M., Lall U. Flood frequencies and durations and their response to El Niño Southern Oscillation: Global analysis. *Journal of Hydrology*. Vol. 539, 2016. – p. 358–378.
101. James W., Rossman L.: *Water systems models. User's guide to SWMM 5*, 13th ed. CHI Press Publication, Ontario, Canada. 2010, 905 p.
102. Ткачук С.Г., Жук В.М. Регулювання дощового стоку в системах водовідведення: монографія. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 216 с. ISBN 978-617-607-404-5.
103. Skotnicki M., Sowiński M. The sensitivity analysis of runoff from urban catchment based on the nonlinear reservoir rainfall-runoff model // *Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences*. E-6 (390), 2006. – P. 129–137.
104. Akan O. Overland flow on pervious, converging surface // *Nordic Hydrology*. – Vol. 19 (5), 1998. – P. 153–164.
105. Жук В.М., Матлай І.І. Гідрографи притоку дощових стічних вод з прямокутних в плані урбанізованих басейнів стоку для дощів постійної в часі інтенсивності. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. – Вип. 19, 2012. – С. 31–38.
106. Матлай І.І., Жук В.М., Саницький М.А. Розрахункова витрата та час концентрації дощового стоку з радіальних у плані басейнів з постійним

поздовжнім похилом // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – Вип. 22.1, 2012. – С. 119–125.

107. Xiong Y., Melching C.S. Comparison of kinematic-wave and nonlinear reservoir routing of urban watershed runoff. *ASCE Journal of Hydrologic Engineering*. – Vol. 10 (1), 2005. – P. 39–49.

108. Bennis S., Crobeddu E. New runoff simulation model for small urban catchments. *Journal of Hydrologic Engineering*. – Vol. 12 (5), 2007. – P. 540–544.

109. Mysak I., Zhuk V., Petrushka K. Comparison of the methods of surface runoff modelling from the urbanized subcatchments for estimation of peak loads on the environment. *Environmental Problems*. – Vol. 5 (1), 2020. – P. 1–6.

110. Жук В.М. Влияние конфигурации малых урбанизированных бассейнов стока на гидрографы притока дождевых сточных вод. *Motorol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. – Vol.17 (6), 2015. – P. 111–117.

111. Kucherenko D.I. *Circulated water supply (Water cooling systems)*. Moscow: Strojizdat, 1980. 169 P. (in Russian).

112. Gayevskii V.R., Kochmarskii V.Z. Efficiency increase of circulated cooling systems by minimizing calcium carbonate deposits. (Rivne, 2018) 154P. [ISBN 9789663273839] (in Ukrainian).

113. Kochmarskii V.Z., Pospelov D.N. The state of the problem of anti-flood water treatment in the USSR. - Kyiv: Knowledge. 1986. P. 20 (in Russian).

114. Shabalin. A.F. *Circulated water supply of industrial enterprises*. Moscow: Publ. House on constructions. 1972. – P. 296(in Russian).

115. Andronov V.A. Main dependences characterizing salt (material) and water balances of circulating cooling systems of industrial enterprises// *Public utilities of the cities*. 2004. Ed. 60. P. 151–155(in Russian).

116. Kishnevsky V. A. *Modern methods of water treatment in the energy sector*. / Kishnevsky V.A. Odessa: OGPU, 1999 . 196 P.

117. Dyatlova N. M. *Complexons and complexonates of metals*. / N. M. Dyatlova, V. Ya. Tyomkina, K. I. Popov. M.: Chemistry, 1988 . 544 P.

118. Kruchkov S.N., Nazarenko A.N. On the issue of heat conductivity of deposits on the surfaces of heat exchange and in the pipes of metallurgical aggregates // Works of Zaporizzia State Engineering Academi. Metallurgy. 2001. Ed. 4. P. 140–142 (in Russian).

119. Kochmarskii V.Z., Kochmarskii O.V. Deposits in circulating systems of heat power plants. // Heat engineering. New challenges of the time. Bulletin of scientific papers. Editors: P. Omelianovskyi, V. Mysak. Lviv: Ukrainian technologies. 2009. P. 535-546 (in Ukrainian).

120. State Building Code (SBC) V.2.5-74: 2013. External networks and facilities. Basic design points.

121. Kochmarskii V., Melnyk V. Formation of calcium carbonate from model solutions. Theoretical and experimental investigations. Scientific development and achievements. Winlock Ro-ad, London, UK N1 7GU, 2018, v. 4, Pp. 138-155. ISBN 978-1-9993071-0-3.

122. Pat . **UA 114060**. The method of determining stability index of circulated water in systems of technical water supply concerning the formation of solid CaCO_3 . Kochmarskii V.Z., Kochmarskii O.V. Bull. No 4 of 27.02.2017 (in Ukrainian).

123. Kochmarskii V.Z. Index of stability and equilibrium criteria of calcium-hydrocarbonate water system. Water and water treatment technologies. Science and technology. No. 1 (18), 2016. P. 3-12.

124. Guidelines for the water-chemical regime of closed-circuit cooling systems: MU 34-70-095-85. M.: SPO Soyuztekhenergo. 1985. 51P.

125. Shelepov I.G., Mihaiskij D.V. Investigating the influence of NPC operation regimes on the efficiency of the power unit operation.// Eastern European Journal of Transmission Technologies, "Technological Center". Kharkiv: 2005. No. 3 (2) . P. 122-125 169 (in Russian).

126. Kochmarskii V.Z. On the mechanism of CaCO_3 crystallization from water carbonate systems. Bull. of RSTU 2, 37 (1999).P. 37-46 (in Ukrainian).

127. Mikhailovsky V. Ya, Ivanov A.M., Chervinsky K. A. The effect of mineralization on the conversion of calcium bicarbonate to carbonate./ Journal of Applied Chemistry. 1981. No. 1. P. 28–32.

128. Kharin V. M. Investigation of the kinetics of mass crystallization from solutions: Abstract. dis. on health. sciences. Doct. tech. Sciences / V.M. Kharin - K., 1980. P.48.

129. Gayevskii V.R., Kochmarskii V.Z. Metrological investigations and testing of aqueous systems analyzer. Proceedings of III scient. techn. conf. USAWN p. 5. Fund. sciences. 24.03-16.04.1997.P.7-10 (in Ukrainian).

130. Kochmarskii V.Z., Gayevskii V.R.. Procedure of dynamic correction of pCO₂ and pH sensors data in aqueous systems. Bullet. of NUWM 3(27) (2004). P.258-263. (in Ukrainian)..

131. Midgley D., Torrens K. Potenciometric water analysis. WILEY. Publishers Science 1807. Surrey UK. ISBN 13: 978-0471929833.

132. Kochmarskii V.Z., Gayevskii V.R., Tyshko N.L. Calcium carbonate crystallization from hydrocarbonate solutions. Ukr. J. Phys. 2017. V.62. No 5. P.383.

133. Борсуковський Ю.В., Борсуковська В.Ю., Бурячок В.Л. «Напрямки формування політик кібербезпеки для державного, банківського та приватного секторів», Modern Methodologies, Innovations, and Operational Experience on the Field of Technical Science: Conference proceedings, December 27-28, 2017, Radom, Republic of Poland, с. 8-11

134. Борсуковська В.Ю., Борсуковський Ю.В. «Безперервність бізнесу: новий тренд або необхідність», Економіка. Менеджмент. Бізнес. - 2017, № 2(20), с. 48-52

135. Борсуковський Ю.В., Бурячок В.Л., Борсуковська В.Ю. «Базові напрямки забезпечення кібербезпеки державного та приватного секторів», Сучасний захист інформації, - 2017, № 2(30), с. 85-89

136. Борсуковський Ю.В. «Визначення вимог щодо побудови концепції інформаційної безпеки в умовах гібридних загроз. Частина 1», Кібербезпека, освіта, наука, техніка, - 2019, №1(5), с. 61-72

137. Борсуковський Ю.В. «Визначення вимог щодо побудови концепції інформаційної безпеки в умовах гібридних загроз. Частина 2», Кібербезпека, освіта, наука, техніка, - 2019, №2(6), с. 112-121
138. 2019 Internet Crime Report. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bit.ly/2vNs2Zi>. [Перевірено: 01 червня 2020]
139. ДСТУ ISO/IEC 27000:2015. Інформаційні технології. Методи захисту. Система управління інформаційною безпекою (ISO/IEC 27000:2014 IDT).
140. ОСТ 45.127-99. Система забезпечення інформаційної безпеки взаємопов'язаної мережі зв'язку РФ. Терміни та визначення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bit.ly/39OOa3Z>. [Перевірено: 01 червня 2020]
141. Ирина Муравйова. Новий погляд на службу інформаційної безпеки компанії. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bit.ly/38Jp6eN>. [Перевірено: 01 червня 2020]
142. The Global Risks Report 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bit.ly/2SIV9FX>. [Перевірено: 01 червня 2020]
143. These are the top risks facing the world in 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bit.ly/2SKBCoJ>. [Перевірено: 01 червня 2020]
144. These will be the main cybersecurity trends in 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bit.ly/2HEfV3d>. [Перевірено: 01 червня 2020]
145. Stratehiia rozvytku innovatsiinoi diialnosti na period do 2030 roku [Strategy for the development of innovation in the period up to 2030] Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/526-2019-%D1%80>
146. Internal specification of the project 543853-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-SMHES Fostering the Knowledge Triangle in Belarus, Ukraine and Moldova. (2015). Analysis of the framework conditions of activity and interaction of the elements of the knowledge triangle in Ukraine.
147. Simonova, M.M. (2018). Osnovnyie modeli kommunikatsii i ikh primeneniie v uchebno protsesse [*Basic models of communication and their implementation in the educational process*]. Moscow: Science and school [in Russian].

148. Pocheptsov H.H. (2001). Teoriia komunikatsii [*Communication theory*]. Moscow: Refl-book; Kyiv: Vakler [in Russian].
149. Yan, J. W., Ban, Z. J., Lu, H. Y., Li, D., Poverenov, E., Luo, Z. S., & Li, L. (2018). The aroma volatile repertoire in strawberry fruit: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*(12), 4395–4402.
150. Akšić, M. F., Tosti, T., Sredojević, M., Milivojević, J., Meland, M., & Natić, M. (2019). Comparison of sugar profile between leaves and fruits of blueberry and strawberry cultivars grown in organic and integrated production system. *Plants*, *8*(7), 205.
151. Gabriel, A., de Resende, J. T., Zeist, A. R., Resende, L. V., Resende, N. C., & Zeist, R. A. (2019). Phenotypic stability of strawberry cultivars based on physicochemical traits of fruits. *Horticultura Brasileira*, *37*(1), 75–81.
152. Patras, A., Brunton, N. P., Da Pieve, S., & Butler, F. (2009). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *10*(3), 308–313.
153. Xu, P., Zawora, C., Li, Y., Wu, J., Liu, L., Liu, Z., ... & Lian, H. (2018). Transcriptome sequencing reveals role of light in promoting anthocyanin accumulation of strawberry fruit. *Plant growth regulation*, *86*(1), 121–132.
154. Wicklund, T., Rosenfeld, H. J., Martinsen, B. K., Sundfør, M. W., Lea, P., Bruun, T., et al. (2005). Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, *38*(4), 387–391.
155. Mazur, S. P., Nes, A., Wold, A. B., Remberg, S. F., Martinsen, B. K., & Aaby, K. (2014). Effects of ripeness and cultivar on chemical composition of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruits and their suitability for jam production as a stable product at different storage temperatures. *Food chemistry*, *146*, 412–422.
156. Kopjar, M., Piližota, V., Tiban, N. N., Šubarić, D., Babić, J., Ačkar, Đ. et al. (2009). Strawberry jams: Influence of different pectins on colour and textural properties. *Czech Journal of Food Sciences*, *27*(1), 20–28.

157. Абрамова Л.С., Ширин В.В. (2011) Формализация параметров движения автотранспортных средств при движении в плотном потоке. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*, 3, 4-11

158. PTV Group: *an official site*. Retrieved from <http://www.ptv.de>

159. Aimsun: *an official site*. Retrieved from <https://www.aimsun.com/>

160. Quadstone Paramics: *an official site*. Retrieved from <http://www.paramics-online.com/what-is-microsimulation.php>

161. Дербунович Л.В., Абрамова Л.С., Ширин В.В. (2008) До питання оцінки ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міста. *Вестник НТУ ХПИ*, № 56, 72-78