

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**УКРАЇНСЬКИЙ
ЖУРНАЛ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (003)

травень — червень 2021

Дніпро 2021

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор	Микола САВИЦЬКИЙ, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро
Заступник головного редактора	Владислав ДАНІШЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро
Відповідальний секретар	Олена ТИМОШЕНКО, к-т техн. наук, ПДАБА, Дніпро
Випусковий редактор	Олена ТИМОШЕНКО, к-т техн. наук, ПДАБА, Дніпро

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

А. С. Беліков, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. М. М. Біляєв, д-р техн. наук, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро. В. І. Большаков, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. М. Волчук, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків. С. І. Губенко, д-р техн. наук, Національна металургійна академія України, Дніпро. В. М. Дерев'янко, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Ю. О. Кірічек, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Ю. І. Криворучко, д-р арх., Національний університет «Львівська політехніка», Львів. О. О. Лапшин, д-р техн. наук, Криворізький національний університет, Кривий Ріг. В. П. Мироненко, д-р арх., Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків. М. М. Налісько, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Т. Д. Нікіфорова, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. І. Проскуряков, д-р арх., Національний університет «Львівська політехніка», Львів. В. Л. Седін, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. В. Товбич, д-р арх., Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ. О. В. Харлан, к-т арх., ПДАБА, Дніпро. С. В. Шатов, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Едіт Барна, к-т техн. наук, Будапештський технічно-економічний університет, Будапешт (Угорщина). Анна Бач, д-р арх., Вроцлавський університет, Вроцлав (Польща). Александрс Корякінс, д-р техн. наук, Ризький технічний університет, Рига (Латвія). В. І. Куксенко, к-т техн. наук, Управління з атомної енергетики Великобританії, Оксфорд (Великобританія). Богуслав Подхалянський, д-р арх., Краківський політехнічний інститут імені Тадеуша Костюшка, Краків (Польща).

Науково-практичний журнал входить до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук та архітектури за спеціальностями 132, 191, 192, 194, 263 згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 09.02.2021 № 157 (Додаток 3).

Свідоцтво про Державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації – серія KB № 24586-14526 ПР – видане Міністерством юстиції України 09 жовтня 2020 р.

Засновник та видавець Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (код за ЄДРПОУ 02070772).

Виходить 6 разів на рік.

Рекомендовано до друку вченою радою академії, протокол № 13 від 01.07.2021 р.

Сайт видання <http://journals.urau.ua/index.php/2710-0367>

Наукометричні бази та електронні бібліотеки, в яких зареєстрований науково-практичний журнал: Інформаційно-аналітичні системи: InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory, Indexing of International Research Journals (CiteFactor). Електронні бібліотеки та пошукові системи: Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.

ISSN 2710-0367 (Print)
2710-0375 (Online)

Художній і технічний редактор Сергій МОЇСЄЄНКО

Перекладач Олена ЛЯПЧЕВА

Редактор та коректор Валентина МАЛОВИК

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

**PRYDNIPROVSKA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

UKRAINIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

№ 3 (003)
May – June 2021

Dnipro 2021

EDITORIAL STAFF:

<i>Chief Editor</i>	Mykola SAVYTSKYI, Doctor of Engineering Science, <i>PSACEA, Dnipro</i>
<i>Deputy Chief Editor</i>	Vladyslav DANISHEVSKYY, Doctor of Engineering Science, <i>PSACEA, Dnipro</i>
<i>Executive Secretary</i>	Olena TYMOSHENKO, Candidate of Engineering Science, <i>PSACEA, Dnipro</i>
<i>Executive Editor</i>	Olena TYMOSHENKO, Candidate of Engineering Science, <i>PSACEA, Dnipro</i>

MEMBERS OF EDITORIAL STAFF:

A. S. Belikov, Doctor of Engineering Science, *Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA), Dnipro*. M. M. Biliaiev, Doctor of Engineering Science, *Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro*. V. I. Bolshakov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. M. Volchuk, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. D. F. Honcharenko, Doctor of Engineering Science, *Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv*. S. I. Gubenko, Doctor of Engineering Science, *National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro*. V. M. Derevianko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. Yu. O. Kirichek, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. T. S. Kravchunovska, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. Yu. I. Kryvoruchko, Doctor of Architecture, *National University "Lviv Polytechnic", Lviv*. O. O. Lapshyn, Doctor of Engineering Science, *Kyryvi Rih National University, Kyryvi Rih*. V. P. Myronenko, Doctor of Architecture, *Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv*. M. M. Nalysko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. T. D. Nikiforova, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. I. Proskuriakov, Doctor of Architecture, *National University "Lviv Polytechnic", Lviv*. V. L. Siedin, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. V. Tovbych, Doctor of Architecture, *Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv*. O. V. Kharlan, Candidate of Architecture, *PSACEA, Dnipro*. S. V. Shatov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. Edit Barna, PhD, *Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary*. Anna Bać, Doctor of Architecture, *Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland*. Aleksandrs Korjakins, Doctor of Engineering Science, *Riga Technical University, Riga, Latvia*. V. I. Kuksenko, PhD, Candidate of Engineering Science, *UK Atomic Energy Authority, Oxford, UK*. Boguslaw Podhalyanski, Doctor of Architecture, *Cracow University of Technology, Cracow (Poland)*.

Scientific-Practical Journal is included in	List of scientific professional publications of Ukraine (category "B"), where the results of dissertations for the degree of Doctor and Candidate of Engineering Sciences and Architecture (by specialty 132, 191, 192, 194, 263) can be published according to the Resolution of the Ministry of Science and Education of Ukraine No. 157 dated 09.02.2021 (Appendix no. 3).
Certificate of State Registration	of the Print Media – Series KB No. 24586-14526 IIP – issued by the Ministry of Justice of Ukraine dated October 09, 2020.
Founder & Publisher	State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture". Issued 6 times a year.
Recommended for publication by	Academic Board of the Academy, No. 13 from 01.07.2021
Journal website	http://journals.urau.ua/index.php/2710-0367
Placement of the scientific-practical journal in the international scientometric databases and e-libraries	Information and analytical systems: InfoBase Index (IBI Factor = 3.96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). <i>Electronic Libraries and search engines</i> : Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Vernadsky National Library of Ukraine.
ISSN	2710-0367 (Print) 2710-0375 (Online)

Art & Technical Editor Serhii MOISEIENKO

Translator Olena LIAPICHEVA

Editor & Proofreader Valentyna MALOVYK

У ЦЬОМУ НОМЕРІ

Беліков А. С., Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Григор'єва Є. С. ОЦІНЮВАННЯ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ ПРАЦІВНИКІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ.....	7
Березюк А. М., Папірник Р. Б., Ганник М. І., Мартиш О. П., Лупир О. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ ПОЛІМЕРБЕТОНУ НА ОСНОВІ ТЕРМОРЕАКТИВНИХ ФУРАНОВИХ СМОЛ. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРИСТОСТІ.....	19
Білоконь А. І., Ковтун-Горбачова Т. А., Коцюба Т. В. ОБҐРУНТУВАННЯ ЗМІСТУ І МЕЖ ПРОЕКТІВ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НА ОСНОВІ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ ЦІЛЕЙ.....	27
Біляєва В. В. ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТЕПЛОВОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РОБОЧИХ ЗОН.....	39
Бліхарський Я. З., Копійка Н. С. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	46
Большаков В. І., Гезенцвей Ю. І. ФОРМУВАННЯ ПОЛІГОНІЗОВАНОЇ СТРУКТУРИ В ТОВСТОЛИСТОВОМУ ПРОКАТІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У ТРЬОХ НАПРЯМАХ.....	55
Воробйов В. В., Шило О. С. ЕКОЛОГІЗОВАНЕ МІСТО ТА ЕКОЛОГІЧНЕ МІСТО: ПОДІБНОСТІ ТА ВІДМІННОСТІ.....	62
Долина Л. Ф., Нагорна О. К., Ждан Ю. О., Долина Д. А. ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В УМОВАХ КОСМОСУ.....	76
Колісник М. П., Шевченко А. Ф., Заяць Г. В., Червоноштан А. Л. РУЧНА РОЗРОБКА ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ҐРУНТУ ПРИСАДИБНИХ ДІЛЯНОК ЛОПАТАМИ ЕРГОНОМІЧНИМ СПОСОБОМ КОПАННЯ.....	85
Лаухін Д. В., Бекетов О. В., Тютєрев І. А., Слупська Ю. С., Ротт Н. О. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ У ДОСЛІДЖЕННІ СТРУКТУРНОГО СТАНУ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ.....	91
Савицький М. В., Нікіфорова Т. Д., Фролов М. О. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТЯ НА ЕТАПІ ЗВЕДЕННЯ СПОРУД.....	101
Сопільняк А. М., Колохов В. В., Ярова Т. П., Серєда С. Ю., Сіренєк К. О., Дунда В. В. ВІМ-ЕНЕРГОАНАЛІЗ БУДИНКУ З ПОДВІЙНИМИ ВІКНАМИ.....	107
Шарков В. В., Нєстерова О. В., Журавльова О. А., Жефруа Д. В. ПОШУК ТОЧОК ПРИЄДНАННЯ ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	116
Розділ «НАША ІСТОРІЯ»	
Матросов Я. М. МАЛОВІДОМІ СТОРІНКИ ЖИТТЯ І ДІЯЛЬНОСТІ ІВАНА МИХАЙЛОВИЧА ТРУБИ (1878–1950 рр. до 140-річчя з дня народження).....	122
Розділ «АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ»	
Савицький М. В., Євсєєва Г. П., Лисєнко Г. І. РОЛЬ ВИКЛАДАЧА БУДІВЕЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ У ФОРМУВАННІ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ СТУДЕНТІВ.....	137

INSIDE

Bielikov A.S., Tretiakov O.V., Harmash B.K., Hryhorieva Yev.S. OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT OF EMPLOYEES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY.....	7
Bereziuk A.M., Papirnyk R.B., Gannyk M.I., Martysh O.P., Lupyr O.O. RESEARCH OF THE POROUS STRUCTURE OF CONCRETE POLYMERS BASED ON THERMORACTIVE FURAN RESINS. METHODS OF POISON DETERMINATION.....	19
Bilokon A.I., Kovtun-Horbachova T.A., Kotsiuba T.V. DEVELOPMENT OF THE THEORETICAL BASIS AND PRACTICAL EVALUATION OF RESULTS MANAGEMENT OF STAKEHOLDERS IN PROJECTS.....	27
Biliaieva V.V. MATHEMATICAL MODELS APPLICATION TO PREDICT HEAT AND CHEMICAL AIR POLLUTION IN WORKING AREARS.....	39
Blikharskyi Yar.Z., Kapiika N.S. COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE BUILDING STRUCTURES' RELIABILITY.....	46
Bolshakov V.I., Hezentsvei Yur.I. FORMATION OF POLIHONIZED STRUCTURE IN STEEL PLATES FOR MECHANICAL PROPERTIES IN THREE DIRECTIONS.....	55
Vorobiov V.V., Shylo O.S. ECOLOGIZED CITY VS ECOCITY: SIMILARITIES AND DIFFERENCES.....	62
Dolyna L.F., Nahorna O.K., Zhdan Yur.O., Dolyna D.A. WASTE WATER TREATMENT TECHNOLOGY IN SPACE.....	76
Kolisnyk M.P., Chevchenko A.F., Zaiats G.V., Chervonoshtan A.L. MANUAL DEVELOPMENT OF THE SURFACE LAYER OF THE SOIL OF HOUSEHOLD PLOTS WITH ERGONOMIC SHOVELS.....	85
Laukhin D.V., Beketov A.V., Tiuterev I.A., Slupska Yul.S., Rott N.O. USE OF FACTOR ANALYSIS METHODS IN THE STUDY OF THE STRUCTURAL STATE OF THE WELDED JOINT AFTER LASER WELDING.....	91
Savytskyi M.V., Nikiforova T.D., Frolov M.O. STRESS-DEFORMED STATE OF STEEL-REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF FLOORS AT THE STAGE OF ESTABLISHMENT OF STRUCTURES.....	101
Sopilniak A.M., Kolokhov V.V., Yarova T.P., Sereda S.Y., Sirenok K.O., Dunda V.V. BIM ENERGY ANALYSIS OF A HOUSE WITH DOUBLE WINDOWS.....	107
Sharkov V.V., Nesterova O.V., Zhuravliova O.A., Zhefrua D.V. IMPROVING THE METHOD OF DETERMINING THE VALUE OF WATER LEVELS IN VERTICAL WELLS OF GROUP WATER COLLECTION.....	116
Section "OUR HISTORY"	
Matrosov Yar.M. LITTLE KNOWN PAGES OF LIFE AND ACTIVITY IVANA MIKHAILOVICH TRUBA (1878–1950 to the 140-th birthday).....	122
Section "ACADEMIC INTEGRITY"	
Savytskyi M.V., Yevsieieva H.P., Lysenko H.I. THE ROLE OF THE TEACHER OF THE CONSTRUCTION INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION IN FORMATION OF ACADEMIC INTEGRITY OF STUDENTS.....	137

УДК 331.45

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.7.762

ОЦІНЮВАННЯ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ ПРАЦІВНИКІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

БЄЛІКОВ А. С.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
ТРЕТЬЯКОВ О. В.², *докт. техн. наук, проф.*,
ГАРМАШ Б. К.³, *канд. техн. наук, доц.*,
ГРИГОР'ЄВА Є. С.⁴, *асп.*

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (097) 342-31-80, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-0457-9553

³ Кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел.: +38 (050) 343-19-63, e-mail: garmash@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2115-1994

⁴ Кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (050) 401-33-91, e-mail: biletska@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9525-7399

Анотація. Постановка проблеми. Всесвітня організація охорони здоров'я визначила параметричні характеристики здоров'я як «об'єктивний стан і суб'єктивне відчуття повного фізичного, психологічного та соціального комфорту, а не тільки відсутність хвороб». Професійні захворювання мають чіткі зв'язки з характером виконуваної роботи. Захворювання, спровоковані шкідливими умовами праці, мають неймовірно довгий інкубаційний період, в результаті чого можуть проявлятися в різних формах, які не завжди легко розпізнати. Розглянуто питання методичного забезпечення, яке застосовується під час атестації робочих місць для визначення рівня небезпеки працівників у робочій зоні. Теоретичною базою щодо формування концепції безпеки в організаційно-технічних системах обрано закон Вебера – Фехнера: завдяки йому встановлюється наявність порога відчуття, отже, є можливість математичного розрахунку рівнів впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу із подальшим визначенням шкідливості виробничого процесу в цілому. Запропоновано визначення рівня небезпеки у робочій зоні за допомогою функції ризику, що дозволить автоматизувати процес атестації робочих місць. Визначено залежності ризику для параметрів якості середовища – виробничих факторів, які входять до переліку небезпечних і шкідливих виробничих факторів, для розрахунку потенційного ризику за одночасної дії різномірних факторів на працівників. Розроблено математичну модель визначення інтегрального ризику на основі алгоритму перетворення параметрів середовища на показник виробничого ризику, яка враховує спільну дію шкідливих факторів різної природи. За допомогою розробленої моделі визначення інтегрального ризику проведено кількісне оцінювання потенційної шкідливості виробничих процесів для працівників зварювального відділення. **Мета статті** – розроблення методичного забезпечення для визначення рівня небезпеки працівників у робочій зоні за умови врахування спільної дії шкідливих факторів різної природи на основі інтегрального показника – виробничого ризику. **Висновки.** За результатами проведеного оцінювання встановлено взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища і трудового процесу для поряд розташованих робочих місць.

Ключові слова: охорона праці; професійний ризик; виробничий ризик; шкідливий фактор; небезпечний фактор; гігієнічний норматив

OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT OF EMPLOYEES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

BIELIKOV A.S.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
TRETIAKOV O.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
HARMASH B.K.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
HRYHORIEVA Yev.S.⁴, *Postgrad. Student*

^{1*} Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel.: +38 (056) 756-34-57, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Square, 7, 61050, Kharkiv, Ukraine, tel.: +38(097)3423180, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3615-1815

³ Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Square, 7, 61050, Kharkiv, Ukraine, tel.: +38(050)3431963, e-mail: garmash@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2115-1994

⁴ Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, Feuerbach Square, 7, 61050, Kharkiv, Ukraine, tel.: +38 (050) 401-33-91, e-mail: biletska@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9525-7399

Abstract. Problem statement. The World Health Organization has defined parametric characteristics of health as "the objective state and subjective feeling of complete physical, psychological and social comfort, not merely the absence of disease. Occupational diseases have clear links to the nature of the work performed. Diseases provoked by harmful working conditions have an incredibly long incubation period, as a result of which they can manifest themselves in various forms that are not always easy to recognize. The article deals with the issues of methodological support, which is used in the certification of workplaces to determine the level of danger of workers in the work area. Weber-Fechner's law was chosen as the theoretical basis for the formation of the concept of safety in organizational and technical systems: due to it the presence of the threshold of perception is established, so there is an opportunity to mathematically calculate the levels of exposure to the factors of the working area and the working process with the subsequent determination of the harmfulness of the industrial process as a whole. Determination of the level of hazard in the working area by means of the risk function is proposed, which will automate the process of workplace certification. The dependences of the risk for the environment quality parameters – industrial factors, included in the list of hazardous and harmful industrial factors, for calculating the potential risk in the simultaneous action of heterogeneous factors on the workers were determined. A mathematical model of integral risk determination was developed on the basis of the algorithm of environment parameters transformation into the index of industrial risk, which considers a joint action of harmful factors of different nature. With the help of the developed model of integral risk determination the quantitative assessment of the potential harmfulness of production processes for the workers of the welding department was carried out. **Purpose of the article** – development of methodological support for determining the level of hazard of workers in the work area subject to the joint action of harmful factors of different nature on the basis of an integral index – the industrial risk. **Conclusion.** According to the results of the assessment, a mutual increase in the harmful effects of the factors of the working environment and the labor process for nearby workplaces was established.

Keywords: *occupational safety; occupational risk; industrial risk; harmful factor; hazardous factor; hygienic standard*

Постановка проблеми. Сучасне суспільство зараз займає таку позицію, що кожна людина самоцінна й унікальна, а її здоров'я становить основне багатство будь-якої держави.

Систематичний вплив шкідливих виробничих факторів різної природи в процесі праці завдає організму прихованого збитку, усвідомлення якого настає, коли проявляються явні ознаки захворювання і коли виправити ситуацію профілактичними заходами вже немає можливості. З огляду на це, концептуальне положення безпеки професійної діяльності, яке відображає глобальну стратегію МОП «Гідна праця має бути безпечною», сформульоване таким чином: «Виробнича діяльність, при якій той чи інший окремих індивідуум піддається надмірному ризику, не може бути виправдана, навіть якщо ця діяльність вигідна для суспільства в цілому» [1].

Намір України – входження у європейський простір. Це означає, що для інтеграції у світове співтовариство необхідні розроблення і реалізація основних положень у сфері професійної безпеки та здоров'я працівників, гармонізація власних принципів, методів і критеріїв оцінювання ризику для здоров'я працівників у виробничих умовах із міжнародними підходами [2].

Для формування нової концепції безпеки в організаційно-технічних системах теоретичною основою може бути обраний закон Вебера – Фехнера [3].

Аналіз публікацій. Всесвітня організація охорони здоров'я визначила параметричні характеристики здоров'я як «об'єктивний стан і суб'єктивне відчуття повного фізичного, психологічного та соціального комфорту, а не тільки відсутність хвороб» [4]. Глобальне

оцінювання нещасних випадків зі смертельними наслідками, проведене Міжнародною організацією праці (МОП), показує, що у світі щорічно на виробництві гине понад 300 000 людей [5]. На Всесвітньому конгресі з охорони праці оголошено дані про щорічну смертність у світі від «пов'язаних із роботою захворювань»: вона становить 2,2 млн осіб. Так, у 15 країнах Євросоюзу на їх частку припадає 120 тис. смертей, що у 20 разів перевищує кількість смертельних нещасних випадків на виробництві [6]. Тому поняття «пов'язані з роботою захворювання» ширше, ніж поняття «професійні захворювання», яке включає в себе всі захворювання, причиною яких стала трудова діяльність у будівельній галузі.

Професійні захворювання пов'язані з характером виконуваної роботи. Захворювання, які виникають через шкідливі умови праці, мають неймовірно довгий інкубаційний період. У результаті такі захворювання можуть проявлятися в різних формах, які часто важко розпізнати. Багаторічні дослідження вчених багатьох країн світу свідчать, що на частку шкідливих і небезпечних факторів, які генерує виробниче середовище, припадає до 30 % причинних наслідків відхилення здоров'я [6].

Мета статті – розроблення методичного забезпечення для визначення рівня небезпеки працівників у робочій зоні за умови врахування спільної дії шкідливих факторів різної природи на основі інтегрального показника – виробничого ризику.

Результати досліджень. Оцінювання ризику передбачає врахування як мінімум двох типів ризику: реального і потенційного. Реальний ризик – це кількісне вираження збитку здоров'ю у величинах випадків захворювань або смерті. Потенційний ризик – ризик виникнення несприятливого для людини ефекту, який визначається як імовірність виникнення цього ефекту в заданих умовах. Може виражатися у відсотках, частках одиниці або у випадках на 1 000, 10 000 [3].

Але існує необхідність на науковій основі реалізації на практиці вимог відомого принципу ALARA: рівень ризику має бути настільки низьким, наскільки це можливо в даних економічних і соціальних умовах [7].

Імовірнісні методи представляють результати як розподіл імовірностей, або як межі розподілів імовірностей. Також вони можуть давати результати в тих випадках, коли більшість розподілів або межі розподілу опускаються нижче безпечного порога. Існує багато невизначеностей в оцінках ризику, які ігноруються, тому що не так легко включити їх до аналізу. Причиною може бути відсутність належної методології, яка ще не розроблена, або часто не вистачає інформації, щоб вибрати дистрибуцію [8].

Для ймовірнісної оцінки необхідно встановлювати величину прийнятного ризику або величину прийнятної безпеки, але в реальних умовах необхідно враховувати помилку вимірювання під час оцінювання безпеки. З іншого боку, ускладнюється процедура оцінювання, оскільки існує ймовірність, що справжнє значення може виявитися в будь-якій точці області зміни вимірюваного параметра [9].

ДСТУ ISO 31000:2018 визначає оцінювання ризику як процес, що складається з трьох процесів: ідентифікація ризику, аналіз ризику й оцінювання ризику [10].

Об'єктом небезпеки постає будь-яка складова системи «людина – машина – середовище». Зазначений збіг обставин стає можливим за умови, коли в системі присутні певні вразливі ланки. В даному випадку маються на увазі фактори виробничого ризику, які сприяють реалізації ризику у конкретну професійну небезпеку безпосередньо під час взаємодії об'єкта ризику з об'єктом небезпеки.

Відомо, що об'єкт небезпеки існує завжди, коли в наявності є об'єкт ризику. Оскільки об'єктом ризику у сфері охорони праці постає людина, дані умови бачаться сталими.

Оскільки у статистиці змінними є ймовірності, формою вираження

теоретичного ризику виступає статистичний показник, зведений до імовірності деякої небажаної події. Імовірність такої події, деяка оцінка очікуваної шкоди об'єднуються в один показник, а отже, комбінується набір імовірностей ризику і шкоди або винагороди.

У статистичній теорії прийняття рішень функцію ризику оцінки $\delta(x)$ для параметра θ , що обчислена за деяких спостережуваних параметрів x , визначають як математичне очікування функції втрат $L(\theta, \delta(x))$ [11]:

$$R(\theta) = \int L(\theta, \delta(x)) \cdot f(x | \theta) dx, \quad (1)$$

де $L(\theta, \delta(x))$ – функція втрат від параметра оцінки θ і значення оцінки $\delta(x)$; $f(x | \theta)$ – імовірність небажаної події.

Оцінювання ризику у робочій зоні за умов впливу факторів середовища виконуються, як правило, із припущенням, що рівень забруднення відомий [12]. Це означатиме, що подія забруднення вже відбулась.

У разі забруднення атмосферного повітря в загальному випадку має місце існування певної функціональної залежності між рівнем забруднення, відчуттям і ризиком, відповідно до закону Вебера – Фехнера [11]:

$$r = 1/k \cdot \lg C/C_0, \quad (2)$$

де r – рівень ризику; C – концентрація шкідливих речовин у повітрі, мг/м³; k – коефіцієнт пропорційності; C_0 – найменша концентрація, за якої відчувається дія.

Беручи за основу нормативні показники, які необхідно визначати експериментально для кожної окремої речовини, реально встановити дві закріплені точки залежності (2). Якщо виконати заміну $1/k$ на λ для спрощення перетворень, вираз набуде такого вигляду:

$$\begin{cases} 1 \cdot 10^{-6} = \lambda \cdot \lg(\text{ГДК}_{\text{сд}}/C_0) \\ 0,5 = \lambda \cdot \lg(\text{ЛК}_{50}/C_0) \\ r = \lambda \cdot \lg C/C_0. \end{cases} \quad (3)$$

Розв'язання системи рівнянь (3) для визначення концентрацій забруднювальних речовин, які перевищують $\text{ГДК}_{\text{сд}}$, у

результаті матиме такий вигляд:

$$r = \frac{(0,5 - 1 \cdot 10^{-6})}{\lg(\text{ЛК}_{50}/\text{ГДК}_{\text{сд}})} \cdot \lg(C/\text{ГДК}_{\text{сд}}) + 1 \cdot 10^{-6} \quad (4)$$

За аналогією можна визначити залежності ризику для рівнів шуму, іонізуючого випромінювання та електромагнітних коливань, і розрахувати потенційний ризик за одночасної дії різномірних факторів (табл. 1).

Основна дія, під час оцінювання рівня небезпеки – перетворення інформації про будь-яку властивість параметрів середовища на показники ризику. На даному етапі є вірогідність виникнення ускладнень. Це пов'язано з тим фактом, що наукові дослідження попередників щодо характеру дії шкідливих речовин та інших факторів проводилися без урахування їх взаємного впливу.

Отже, вирішення питання про перетворення «доза – ефект» відбуватиметься, виходячи з наявних експериментальних даних таблиці 1 [13]. Таким чином, вказане перетворення може здійснюватися відносно кожної елементарної властивості. А наступним кроком буде зведення окремих показників до бажаного єдиного критерію якості системи в цілому.

Під час проведеного аналізу широкого кола наукових публікацій [11; 13–17] встановлено, що теоретичною основою формування концепції безпеки в організаційно-технічних системах постають: аксіома про потенційну небезпеку, закон Вебера – Фехнера, закон С. Стівенса, принцип мінімуму Лібіха, закон толерантності Шелфорда, принцип Фармера.

Як зазначено вище, дослідження попередників визначили залежність професійного ризику від рівня різномірних за своїм походженням шкідливих і небезпечних виробничих факторів на основі законів Вебера – Фехнера і С. Стівенса [18; 19] (табл. 1).

Розрахунок сумарного ризику в подальшому відбуватиметься в такій послідовності. Насамперед, обчислюються значення величини річного ризику для

кожного фактора r_i , а потім величина інтегрального ризику [13]:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i) \quad (5)$$

Таблиця 1

Розрахунок потенційного ризику за дії різномірних факторів

Параметри якості середовища	Одиниці вимірювання	Норматив прийнятого рівня	Надмірний рівень	Формула для розрахунку ризику
Хімічні речовини	мг/м ³	ГДК _{сд} , Залежить від речовини	ЛК ₅₀	$r = 10^{-6} + b \cdot \lg \frac{C}{ГДК}$
Шум	дБА	ГДР	130 дБА	$r = 10^{-6} + 0,038 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$
Іонізуюче випромінювання	м ³ в рік ⁻¹	Ліміт дози ГДР = 20	> 50	$r = 10^{-6} + 0,358 \cdot \lg \frac{D_E}{ГДР}$
Електромагнітні коливання	Вт/м ²	ПДЕЕ, Залежить від частоти	> 500	$r = 10^{-6} + k \cdot \lg \frac{E}{ПДЕЕ}$

Наведене вище дозволяє говорити про отримання єдиного підходу до розрахунку оцінки параметрів робочої зони виробничого середовища. Зазначений підхід не потребує введення множини шкал для характеристики якості виробничого середовища.

Для врахування імовірності перебування працівника в зоні дії i -го небезпечного фактору можна визначати імовірність наявності i -го небезпечного фактора в робочій зоні за такою формулою:

$$P_i = P_i^v \cdot P_i^p, \quad (6)$$

де P_i^v – імовірність дії i -го небезпечного фактора; P_i^p – імовірність перебування працівника в зоні дії i -го небезпечного фактора.

Надалі визначаємо імовірність дії i -го небезпечного фактора та імовірність перебування працівника в зоні його дії за формулами:

$$P_i^v = t_i^v / T_{CM}, \quad P_i^p = t_i^p / T_{CM}, \quad (7)$$

де t_i^v – час дії i -го небезпечного фактора; t_i^p – час перебування працівника в зоні дії i -го небезпечного фактора; T_{CM} – тривалість зміни.

Отримані вирази можна підставити у формулу (7), в результаті маємо імовірність дії i -го небезпечного фактора на працівника:

$$P_{v_i} = \frac{1}{T_{CM}^2} (t_i^v \cdot t_i^p). \quad (8)$$

У випадку, коли є одночасна наявність 2, 3, ... n шкідливих факторів, імовірність їх дії можна визначити таким чином:

$$P_v(2) = P_{v_2} + P_{v_1} - P_{v_2} \cdot P_{v_1} \\ P_v(3) = P_{v_3} + P_{v_2} - P_{v_3} \cdot P_{v_2} \quad (9)$$

$$P_v(n) = P_{v_n} + P_{v_{n-1}} - P_{v_n} \cdot P_{v_{n-1}}$$

Якщо відома імовірність дії шкідливих факторів на працівників, подальше визначення шкідливості виробничого процесу в цілому відбуватиметься так:

$$P_{nn}^0 = \frac{N_1 P_0(1) + N_2 P_0(2) + \dots + N_n P_0(n)}{N}, \quad (10)$$

де $N_1, N_2, \dots, N_n$ – кількість працівників, які підпадають під дію 1, 2, 3, ... n шкідливих факторів; $P_0(1), P_0(2), \dots, P_0(n)$ – імовірність дії на працівників 1, 2, 3, ... n шкідливих факторів; N – загальна чисельність працівників. Надалі визначається імовірність j -го небезпечного фактора за формулою:

$$P_{b_j} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \quad (11)$$

де P_j^b – імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактора (речовини); P_j^p – імовірність перебування людини у зоні дії j -го небезпечного фактора (речовини); P_j^{nc} – уражаюча здатність j -го небезпечного фактора (речовини).

Як зазначено вище, імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактора (або речовини) та імовірність перебування людини у зоні дії цього фактора визначаються за формулою (8). А уражаюча здатність j -го небезпечного фактора (речовини) визначається як:

$$P_j^{nc} = \frac{d_j}{D_j}, \quad (12)$$

де d_j – фактичний рівень (вміст) j -го небезпечного фактора (речовини); D_j – граничний рівень (вміст) j -го небезпечного фактора (речовини). Як відомо, граничний рівень (вміст) j -го небезпечного фактора (речовини) – це такий рівень, за якого працівники підлягають найшвидшій евакуації з небезпечної зони.

Якщо підставити у формулу (12) вирази для P_j^b , P_j^p і P_j^{nc} , формула матиме такий вигляд:

$$P_{b_j} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{CM}^2 \cdot D_j}. \quad (13)$$

Загальна імовірність шкідливої дії m факторів визначається за формулою:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{b_j}). \quad (14)$$

На основі алгоритму перетворення параметрів середовища на показник виробничого ризику виконано кількісне оцінювання потенційної шкідливості виробничих процесів на базі даних оцінки факторів виробничого середовища і трудового процесу з використанням розробленої моделі визначення інтегрального ризику для працівників у шкідливих умовах праці кранового цеху виробничого підрозділу «Локомотивне депо Основа» (м. Харків).

На посаді електрозварника (РМ № 11) в крановому цеху працюють дві особи, а їхні робочі місця розташовані на відстані 1,6 м одне від одного [14]. Робочі місця електрозварників (РМ № 11а, РМ № 11б) мають відповідати вимогам означених нормативних документів [15–17].

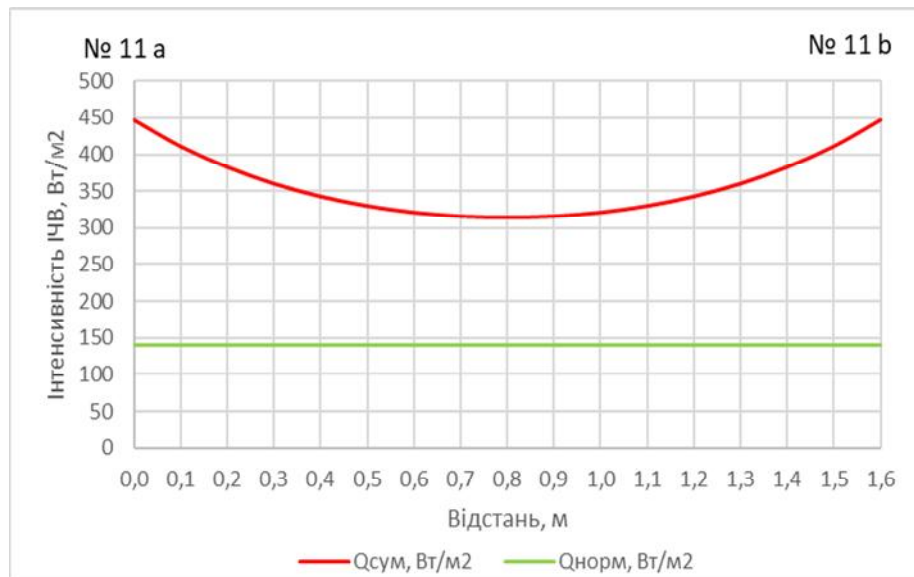


Рис. 1. Графік зміни інтенсивності інфрачервоного випромінювання на робочих місцях електрозварників (РМ № 11а і РМ № 11б) залежно від відстані

Під час роботи на працівників зварювального відділення діють фактори, що входять до переліку небезпечних і шкідливих виробничих факторів,

визначених у Гігієнічній класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу [19] і характерних для багатьох видів зварювання та споріднених процесів [20–22].

Результати проведеного оцінювання параметрів робочої зони електрозварників, яке враховує взаємний вплив шкідливих і небезпечних факторів для їхніх робочих місць, наведені у [23]. Відповідно до Методики розрахунку розподілу рівнів електромагнітного поля [24] для робочих місць працівників зварювального відділення проведено розрахунок інтенсивності інфрачервоного випромінювання залежності від відстані з урахуванням взаємного впливу поряд розташованих робочих місць.

На рисунку 1 наведено графік зміни інтенсивності інфрачервоного випроміню-

вання на двох робочих місцях електрозварників (РМ № 11a і РМ № 11b) залежно від відстані з урахуванням взаємного впливу між ними.

Взаємний вплив шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу для означених електрозварників оцінювали за допомогою виробничого ризику з урахуванням взаємного впливу від інтенсивності інфрачервоного випромінювання. Фактор ІЧ випромінювання обрано як шкідливий фактор із надмірним відповідно до [10] значенням потенційного ризику ($r_i = 0,156705$) [23]. Результати наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Кількісна оцінка потенційної шкідливості виробничих процесів для працівників із шкідливими умовами праці

Відстань між робочими місцями L , м	Інтенсивність ІЧВ $Q_{\text{сум}}$, Вт/м ²	Інтегральний ризик, R_{int}
0,00	446,38	0,193 531
0,10	410,79	0,179 662
0,20	382,58	0,167 790
0,30	360,44	0,157 841
0,40	343,41	0,149 761
0,50	330,79	0,143 512
0,60	322,09	0,139 065
0,70	317,00	0,136 404
0,80	315,32	0,135 518

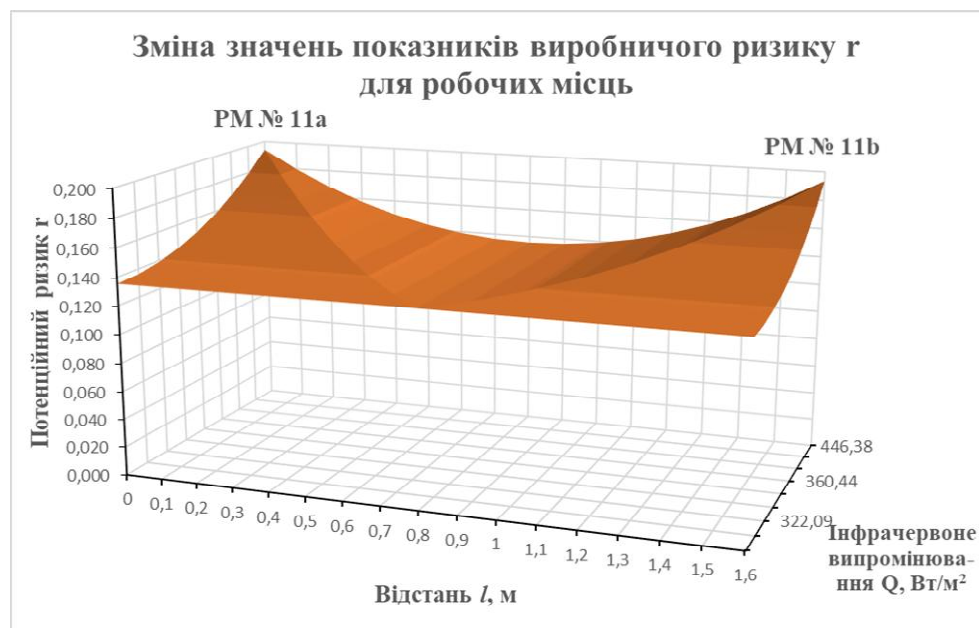


Рис. 2. Рівень виробничого ризику, зумовленого інфрачервоним випромінюванням, для поряд розташованих робочих місць електрозварників (РМ № 11a і РМ № 11b)

Отримані результати свідчать про взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища і трудового процесу на електрозварників, робочі місця яких розташовані поряд. Так, отримані значення потенційного ризику на відстані 0,8 м від робочих місць електрозварників є надмірним ($R_{int} > 10^{-1}$).

На базі отриманих даних побудовано тривимірну модель зони виробничого ризику для робочих місць зварювального відділення (РМ № 11а, РМ № 11 б), яка дає уявну картину рівня небезпек навколо робочих місць електрозварників (рис. 2).

Таким чином, застосування запропонованого підходу дозволяє оцінювати значення потенційного виробничого ризику за будь-якої кількості шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях, з урахуванням їх взаємного впливу, виділяти небезпечні зони між робочими місцями для визначення оптимальних і найбільш небезпечних маршрутів пересування працівників у цеху.

Проведемо визначення інвестиційних вкладень в модернізацію робочих місць електрозварників ручного зварювання, оцінка інтегрального ризику яких була проведена із застосуванням моделі управління виробничими ризиками на робочих місцях. Продуктивність праці електрозварників ручного зварювання будемо оцінювати за допомогою номограми для розрахунку витрат часу на зварювання 1 м шову [25]. Стан безпеки на робочому місці електрозварників ручного зварювання будемо оцінювати як значення інтегрального ризику $N = R_{int}$.

Напрями інвестування обрані виходячи із внеску небезпечного фактора до значення інтегрального ризику за наслідками атестації робочих місць:

- уникнення дії шкідливих речовин на дихальну систему електрозварників;
- зменшення дії інфрачервоного випромінювання від сусідніх зварювальних постів на окремого електрозварника;
- модернізація зварювального столу для зменшення ергономічного навантаження на електрозварника.

Модернізацію зварювального столу для зменшення ергономічного навантаження на електрозварника запропоновано провести таким чином, як зображено на рисунку 3.

Задля зменшення дії ІЧ випромінювання від сусідніх зварювальних постів на окремого електрозварника запропоновано відокремити кожне зварювальне робоче місце шторами (екранами), які затримують інфрачервоне випромінювання (рис. 4).



Рис. 3. Модернізований зварювальний стіл електрозварника



Рис. 4. Захисні екрани робочого місця електрозварника

Задля уникнення дії шкідливих речовин на дихальну систему електрозварників

запропоновано застосування маски зварювальника типу AS-4001-F з пристроєм подачі повітря P-1000 (рис. 5), яка характеризується наступними параметрами:

- зварювальний струм 50...500 А;
- робоче затемнення DIN (фіксоване) 9;
- поле зору світофільтру 100 × 60 мм;
- час спрацювання 0,1 мс;
- робоча температура від -10 до +55 °С;
- час затримки висвітлення 0,1...0,9 с.



Рис. 5. Маски зварювальника типу AS-4001-F із пристроєм подачі повітря P-1000

Така маска забезпечує якісне очищення повітря, має просту і надійну систему управління, дозволяє підтримувати

налаштування системи, не відволікаючись від роботи.

Інвестиційні витрати під час застосування означених пристроїв на одне робоче місце становить – 29 800 грн.

Використовуючи обчислені значення регресійних коефіцієнтів за допомогою Microsoft Excel експлуатаційної моделі, отримали наступне значення коефіцієнтів рівняння:

$$N = R_{int} = 0,022 \cdot P - 2,48 \cdot 10^{-5} \cdot IB + 0,0164 \cdot E. \quad (16)$$

Регресійні коефіцієнти для показника інвестиційних вкладень в результаті розрахунків вийшли негативними, з чого випливає, що збільшення зазначеного показника позитивно впливає на стан безпеки на РМ. При підвищенні інвестиційних витрат та інвестиційних вкладень в модернізацію і ремонт об'єктів зварювального відділення число випадків небажаних подій буде зменшуватися. За допомогою Microsoft Excel встановлено, що коефіцієнт детермінації дорівнює $R^2 = 0,9891$. В таблиці 3 наведені розрахункові значення інтегрального ризику R_{int} після модернізації робочих місць електрозварників ручного зварювання з урахуванням фактичних значень продуктивності праці.

Таблиця 3

Порівняльні значення R_{int} після модернізації робочих місць електрозварників ручного зварювання

№ робочого місця	Інтегральний ризик до модернізації, R_{int}	Інтегральний ризик після модернізації, R_{int}
6	0,739 661 021	$1 \cdot 10^{-6}$
7	0,853 223 094	$2,1 \cdot 10^{-5}$
8	0,729 806 827	$0,9 \cdot 10^{-6}$
9	0,702 57	$0,8 \cdot 10^{-6}$
10	0,863 756	$2,1 \cdot 10^{-5}$
11	0,774 952	$1,4 \cdot 10^{-6}$
12	0,612 467	$0,7 \cdot 10^{-6}$
13	0,723 631	$0,9 \cdot 10^{-6}$

Високе значення нецентрованого коефіцієнта детермінації свідчує про тісний зв'язок між досліджуваними показниками. При цьому середня відносна помилка для отриманої регресійної моделі склала величину, яка дорівнює 12,3 %. Головне, що усі РМ електрозварників ручного зварювання, які розташовані у будівлі

цехового та кранового господарства, будуть характеризуватися допустимим рівнем інтегрального ризику.

Висновки. Розроблене методичне забезпечення на основі алгоритму перетворення параметрів середовища на показник виробничого ризику для визначення рівня небезпеки працівників у

робочій зоні під час проведення атестації робочих місць враховує спільну дію шкідливих факторів різної природи.

Проведене кількісне оцінювання потенційної шкідливості виробничих процесів із використанням розробленої моделі визначення інтегрального ризику для працівників зварювального відділення виявило взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища і трудового процесу на працівників.

Упровадження інтегрального показника шкоди дозволить урахувати взаємний вплив, проводити оцінку значень потенційного виробничого ризику за будь-якої кількості шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях, а також виділяти небезпечні зони між робочими

місцями та визначати оптимальні і найбільш небезпечні маршрути пересування працівників у цеху.

Такий підхід дозволяє вдосконалити систему атестації робочих місць і підвищити достовірність отриманих результатів оцінювання умов праці. Розроблені заходи щодо модернізації робочих місць електрозварників ручного зварювання з урахуванням фактичних значень продуктивності праці, які дозволяють знизити професійний ризик електрозварників до допустимих значень та суттєво знизити виробничий ризик для робітників, що працюють на поряд розташованих робочих місцях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статут (Конституція) Всесвітньої організації охорони здоров'я. Верховна рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_599
2. ISO 45001. Системи менеджменту охорони здоров'я і безпеки праці. Вимоги із застосування. (Державний стандарт України). URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
3. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Халмурадов Б. Д., Білецька Є. С. Ризик-орієнтований підхід до визначення умов праці окремих категорій працівників транспортної галузі. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2020. № 59 (1). С. 120–126.
4. Цушко І. І. Теоретичні аспекти здоров'я учнівської молоді. Київ : Український НМЦ практичної психології і соціальної роботи, 2014.
5. Linn H. I. and Amendola A. A. Occupational Safety Research : Overview, Encyclopedia of Occupational Safety and Health. International Labor Organization. Geneva, 2005.
6. ILO Introductory Report : Decent Work - Safe Work. International Labor Office. Geneva, 2006.
7. Moghissi A. A., Narland R. E., Congel F. J., Eckerman K. F. Methodology for environmental human exposure and health risk assessment. *Exposure and Hazard Assessment Toxic Chem.* Michigan, USA, 1980. Pp. 471–489.
8. Montgomery V. New statistical methods in risk assessment by probability bounds. Department of Mathematical Sciences. Durham University, UK, 2009.
9. Zijng Zhang. Statistical methods on risk management of extreme events : Doctoral Dissertation. University of Massachusetts, Amherst, 2017.
10. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT). (Державний стандарт України). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80322
11. ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2006.
12. Басиль Е. Е., Изотов С. А., Гогунский В. Д. Риск сокращения продолжительности жизни : рабочая зона. *Труды Одесского политехнического университета*. 1997. Вып. 2. С. 133–135.
13. Гогунский В. Д., Руденко С. В., Урядникова И. В. Теория и практика оценки риска здоровью от воздействия факторов внешней среды. *Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика : зб. наук. пр. Хміжнгар. наук.-метод. конф.* Київ : Центр учбової літератури, 2011. С. 170–175.
14. Карта умов праці № 11. Електрозварник (зайнятий різанням та ручним зварюванням). Дільниця по ремонту кранів на залізничному ходу. Харків : ВП «Локомотивне депо Основа», ДП «Південна залізниця», 2015. 2 с.
15. ДСПТО 7212.C.28.00-2015. Державний стандарт професійно-технічної освіти. URL: http://profstandart.org.ua/upload/files/files/Reestr_osvitnih_standartiv/7212.C.28.00-2015.pdf.
16. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. (Державний стандарт України). URL: http://nmcpz.ho.ua/document/biblio_01/dstu_2456_94.pdf.
17. ДНАОП 0.00-1.16-96. Про затвердження Правил атестації зварників. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0262-96>

18. Про затвердження Правил охорони праці під час зварювання металів : наказ МНС України від 14.12.2012 № 1425. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0063-13>
19. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»: Наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248. URL: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>
20. Левченко О. Г., Арламов О. Ю. Дослідження впливу ультрафіолетового випромінювання на працівників під час ручного дугового зварювання. *Вісник НТУУ «КПІ»*. 2014. № 26. С. 163–169.
21. Левченко О. Г., Арламов О. Ю. Захист від ультрафіолетового і акустичного випромінювань, що створюються під час дугового і контактного зварювання та електрошлакового переплаву. URL : <http://confopcb.iee.kpi.ua/proc/article/viewFile/114922/112515>.
22. Стеблій Н. М., Акіменко В. Я. Ультрафіолетова складова інсоляції як фактор ризику для здоров'я людини. *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2019. № 15 (1). С. 35–45.
23. Tretyakov O., Harmash B. and Biletska Yev. Determining the level of danger in the working zone of railway transport workers. *Fundamental and applied research in the modern world*. Boston, USA, 2020.
24. Про затвердження Методики розрахунку розподілу рівнів електромагнітного поля : наказ МОЗ України від 29.01.2013 № 1040. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2130-13#Text>
25. Чернявська І. М. Нормування праці як інструмент підвищення рівня ефективності зварювального виробництва. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. № 2 (33). 2014. С. 231–234.

REFERENCES

1. *Statut (Konstytuciya) Vsesvitnoyi organizacii ohorony zdorovya* [The Charter (Constitution) of the World Health Organization]. The Verkhovna Rada of Ukraine. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_599 (in Ukrainian).
2. ISO 45001. *Sistemi menedzhmentu ohoroni zdorov'ya i bezpeki praci. Vimogi iz zastosuvannya* [Occupational health and safety management systems. Requirements for application]. (State Standart of Ukraine). URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (in Ukrainian).
3. Tretyakov O.V., Harmash B.K., Halmuradov B.D. and Biletska E.C. *Risik-orientovany pidhid do vyznachennya umov praci okremykh kategoriy pracivnykiv transportnoi galuzi* [A risk-oriented approach to determining working conditions of certain categories of the workers in transport industry]. *Systemy navigacii ta zvyazku* [Control, navigation and communication systems], 2020, no. 59 (1), pp. 120–126. (in Ukrainian).
4. Tsushko I.I. *Teoretychni aspekty zdorov'ya uchnivskoi molodi* [Theoretical aspects of student youth health]. Kyiv : Ukrains'kij NMC praktichnoi psihologii i social'noi roboti, 2014. (in Ukrainian).
5. Linn H.I. and Amendola A.A. Occupational Safety Research : Overview, Encyclopedia of Occupational Safety and Health. International Labor Organization. Geneva, 2005.
6. ILO Introductory Report : Decent Work-Safe Work. International Labor Office. Geneva, 2006.
7. Moghissi A.A., Narland R.E., Congel F.J. and Eckerman K.F. Methodology for environmental human exposure and health risk assessment. *Exposure and Hazard Assessment Toxic Chem*. Michigan, USA, 1980, pp. 471–489.
8. Montgomery V. New statistical methods in risk assessment by probability bounds. Department of Mathematical Sciences. Durham University, UK, 2009.
9. Zijing Zhang. Statistical methods on risk management of extreme events : Doctoral Dissertation. University of Massachusetts, Amherst, 2017.
10. DSTU ISO 31000:2018. Risk management. Principles and guidelines (ISO 31000:2018, IDT). (State Standart of Ukraine). URL : http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80322 (in Ukrainian).
11. DSTU ISO 14001:2006. *Sistemi ekologichnogo keruvannya. Vimogi ta nastanovi schodo zastosuvannya (ISO 14001:2004, IDT)* [Environmental management systems. Requirements and guidelines for use. (ISO 14001:2004, IDT)]. Kyiv : Derzhspozhivstandart of Ukraine, 2006.
12. Basyi E.E., Izotov S.A. and Gogunskiy V.D. *Risk sokrascheniya prodolzhytelnosti zhizni: rabochaya zona* [The risk of reduced life expectancy: the work zone]. *Trudy Odesskogo politechnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Odessa Polytechnic University]. 1997, no. 2, pp. 133–135. (in Russian).
13. Gogunskiy V.D., Rudenko S.V. and Uryadnikova I.V. *Teoriya i praktika ocenki riska zdorov'yu ot vozdeystviya faktorov vneshnej sredy* [Theory and practice of health risk assessment from the impact of environmental factors]. *Bezpeka zhittya i diyal'nosti lyudini - osvita, nauka, praktika : zb. nauk. pr. H mizhnar. nauk.-metod. konf.* [Safety of life and human activity – education, science, practice : coll. of scient. Papers : X international. method. conf.]. Kyiv : Center of Educational Literature, 2011, pp. 170–175. (in Ukrainian).
14. *Karta umov praci 11. Elektrosvarynyk (zaynyaty rizannyam ta ruchnym zvaruvannyam)* [Card of working conditions no. 11. Electric welder (engaged in cutting and manual welding)]. Railway crane repair site. Kharkiv : OP "Locomotive depot Osnova", SE "Southern Railway", 2015, 2 p. (in Ukrainian).
15. DSPTO 7212.C.28.00-2015. *Derzhavnij standart profesijno-tehnichnoi osviti* [State Standard for Technical and Vocational Education]. URL: http://profstandart.org.ua/upload/files/files/Reestr_osvitnih_standartiv/7212.C.28.00-2015.pdf. (in Ukrainian).

16. DSTU 2456-94. *Zvaruvannya dugove i elektroshlakove. Vymogy bezpeki* [DSTU 2456-94. Arc welding and electroslag welding. Safety requirements]. (State Standard of Ukraine). URL: http://nmcpz.ho.ua/document/biblio_01/dstu_2456_94.pdf (in Ukrainian).
17. DNAOP 0.00-1.16-96. *Pro zatverdzhennya Pravil atestacii zvarnykiv* [On approval of the Rules for certification of welders]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0262-96> (in Ukrainian).
18. *Pro zatverdzhennya Pravil ohorony praci pid chas zvaruvannya metaliv : Nakaz MNS Ukrainy vid 14.12.2012 № 1425* [On approval of the Rules of labor protection in welding of metals : Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine from 14.12.2012 no. 1425]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0063-13> (in Ukrainian).
19. *Pro zatverdzhennya derzhavnyh sanitarnyih norm ta pravil «Gigienichna klasifikacia praci za pokaznikami shkidlivosti ta nebezpechnosti faktoriv vyrobnyichogo seredovischa, vazhkosti ta napruzhenosti trudovogo procesu» : Nakaz MOZ Ukrainy № 248 vid 08 kvit. 2014 r.* [About the approval of the state sanitary norms "Hygienic classification of labor according to the indicators of harm and danger, difficulty and intensity of the labor process" : Order of the Ministry of Health of Ukraine № 248 08.04.2014]. URL: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14> (in Ukrainian).
20. Levchenko O.G. and Arlamov O.Yu. *Doslidzhennya vplyvu ultrafioletovogo vyprominyuvannya na pracivnykiv pid chas ruchnogo dugovogo zvaryuvannya* [Study of the effect of ultraviolet radiation on workers in manual arc welding]. *Visnik NTUU «KPI»* [Bulletin of NTUU "KPI"]. 2014, no. 26, pp. 163–169.(in Ukrainian).
21. Levchenko O.G. and Arlamov O.Yu. *Zahist vid ultrafioletovogo I akustychnogo vyprominyuvan, scho stvoryuetsya pid chas dugovogo I kontaktного zvaryuvannya ta elektroshlakovogo pereplavu* [Protection against ultraviolet and acoustic emissions from arc and resistance welding and electroslag remelting]. URL: <http://confopcb.iee.kpi.ua/proc/article/viewFile/114922/112515> (in Ukrainian).
22. Steblyi N.M. and Yakimenko V.Ya. *Ultrafioletova skladova insolyacii yak factor risiku dlya zdorovya ludyny* [Ultraviolet component of insolation as a risk factor for human health]. *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2019, no. 15 (1), pp. 35–45. (in Ukrainian).
23. Tretyakov O., Harmash B. and Biletska Yev. *Determining the level of danger in the working zone of railway transport workers. Fundamental and applied research in the modern world*. Boston, USA, 2020.
24. *Pro zatverdzhennya Metodiki rozrahunku rozpodiliv rivniv elektromaghitnogo polya : Nakaz MOZ Ukrainy vid 29.01.2013 № 1040* [On approval of the Methodology for calculating the distribution of electromagnetic field levels : Order of the Ministry of Health of Ukraine from 29.01.2013 no. 1040]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2130-13#Text> (in Ukrainian).
25. Chernyavska I.M. *Normuvannya praci yak instrument efektyvnosti zvaryvaln'jg vyrobnyctva* [Labor standardization as a tool to increase the level of efficiency of welding production]. *Visnik Donbas'koï derzhavnoï mashinobudivnoï akademii* [Bulletin of the Donbas State Machine-Building Academy]. 2014, no. 2 (33), pp. 231–234. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції : 07.06.2021.

УДК 691.32.001.5

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.19.763

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ ПОЛІМЕРБЕТОНУ НА ОСНОВІ ТЕРМОРЕАКТИВНИХ ФУРАНОВИХ СМОЛ. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРИСТОСТІ

БЕРЕЗІЮК А. М.^{1*}, канд. техн. наук, проф.,

ПАПІРНИК Р. Б.², канд. техн. наук, доц.,

ГАННИК М. І.³, канд. техн. наук, доц.,

МАРТИШ О. П.⁴, канд. техн. наук, доц.

ЛУПИР О. О.⁵, студ.

^{1*} Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: bereziuk.anatoliy@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2113-6858

² Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: ruslan.b.papirnyk@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-7153-9378

³ Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: gannyk.mykola@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3278-9232

⁴ Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: martysh.oleksandra@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6126-1920

⁵ Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: a.lupyr1999@gmail.com.

Анотація. Постановка проблеми. Розглянуто проблему впливу капілярно-пористої структури, яка характеризується наявністю просторової ґратки із мікропор, капілярів і різних дефектів на міцність і стійкість полімербетону. **Мета статті** – оцінювання методів визначення пористості (загальний об'єм і розподіл пор за розміром) як структурної характеристики компонентів полімербетону, заповнювачів і наповнювачів. **Висновок.** Зменшення міцності фуранових композицій визначається головним чином за рахунок пороутворення в результаті незмочених агрегатів із частинок дисперсного наповнювача. Результати експериментів свідчать, що із збільшенням дисперсності наповнювача зменшується об'ємна маса зв'язуючого за умови постійності відношення п/н, що пояснюється збільшенням пороутворення в результаті нестачі полімеру і прояву ефекту захоплення повітря. У разі повного просочування мінеральних компонентів полімер розподіляється по всьому об'єму і формується безперервна і рівномірно розподільна ґратка з полімеру і його пористого простору. Відповідно полімербетон ущільнюється і створюється контакт між матрицею і полімером.

Ключові слова: полімербетон; монопори; ФА; адгезивне борошно; капіляри; мінеральні наповнювачі та заповнювачі; порометрія

RESEARCH OF THE POROUS STRUCTURE OF CONCRETE POLYMERS BASED ON THERMORACTIVE FURAN RESINS. METHODS OF POISON DETERMINATION

BEREZIUK A.M.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Prof.,

PAPIRNYK R.B.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

GANNYK M.I.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

MARTYSH O.P.⁴, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

LUPYR O.O.⁵, Student

^{1*} Department of Technology of Building Production, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: bereziuk.anatoliy@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2113-6858

² Department of Technology of Building Production, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: ruslan.b.papirnyk@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-7153-9378

³ Department of Technology of Building Production, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: gannyk.mykola@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3278-9232

⁴ Department of Technology of Building Production, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: martysh.oleksandra@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6126-1920

⁵ Department of Technology of Building Production, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: a.lupyr1999@gmail.com

Abstract. Problem statement. The problem of influence of capillary-porous structure, characterized by the presence of a spatial lattice of micropores, capillaries and various defects on the strength and stability of concrete polymer, is considered. **Purpose of the article.** Estimation of porosity determination methods (total volume and size distribution of pores) as a structural characteristic of concrete polymer components, aggregates and fillers. **Conclusion.** The drop in strength of furan compositions is mainly determined by the pore formation as a result of the accumulated wetted aggregates from the particles of the dispersed filler. The results of the experiments show that with increasing the dispersion of the filler there is a decrease in the volume of the binder under the condition of constant ratio p / n , which is explained by the increase in pore formation, which is increased due to lack of polymer and the manifestation of the effect of air trapping. The complete impregnation of the mineral components creates a polymer distribution over the entire volume and forms a continuous and evenly distributed lattice of the polymer and its porous space. Accordingly, the polymer concrete is compacted and contact is formed between the matrix and the polymer.

Keywords: *polymer concrete; monopores; FA; adhesive flour; capillaries; mineral fillers and aggregates; porometry*

Постановка проблеми. Полімербетон можна розглядати як композиційний матеріал, який складається з бетонної матриці і армувального компонента з полімеру. Цей штучний будівельний конгломерат отримують поєднанням синтетичних зв'язуючих із мінеральними наповнювачами і заповнювачами середніх і крупних фракцій. Полімерне зв'язуюче створюється у процесі сполучення низьков'язких синтетичних смол, мономерів і олігомерів із тонкодисперсними мінеральними наповнювачами, затверджувачами і різними модифікованими добавками. Наповнювачами зв'язуючого служать тонкодисперсні мінеральні порошки з питомою поверхнею 1 000...6 000 см²/г.

Заповнювачами служать піщано-щебеневі фракції з пружністю зерен до 50 мм, серед полімербетонів, отриманих на різних термореактивних смолах (фуранових, епоксидних, карбамідних, фенолоформальдегідних та ін.).

Найбільш поширені фуранові полімербетони на основі мономерів ФА і ФАМ. Фуранові зв'язуючі й полімербетони на їх основі мають універсальну хімічну стійкість у розчинах кислот, лугів, нафтопродуктів, тваринних жирах,

рослинних оліях та інших середовищах, окрім деяких розчинників і сильних окиснювачів.

Наповнювачі являють собою матеріал із типовою капілярно-пористою структурою, яка характеризується наявністю просторової ґратки з мікропор, капілярів і різних дефектів, утворених як під час приготування полімербетону, так і в процесі його твердіння.

У разі повного просочування мінеральних наповнювачів і заповнювачів полімер розподіляється по всьому об'єму і формується безперервна й рівномірно розподілена ґратка з полімеру та його пористого простору. Таким чином полімербетон ущільнюється і створюється контакт між матрицею і полімером, що зумовлює властивості композиту.

Аналіз публікацій. Аналіз сучасних експериментальних і літературних даних [1–7] показує значну перевагу застосування фуранових смол на основі мономерів ФА і ФАМ для отримання полімербетонів.

Як затверджувач фуранових смол у більшості випадків використовується бензосульфокислота.

Застосування цих матеріалів зменшує пористу структуру полімербетону, а, відповідно, і на його міцність.

Мета статті – оцінювання методів визначення пористості (загальний об'єм і розподіл пор за розміром) як структурної характеристики компонентів полімербетону, заповнювачів і наповнювачів.

Результати досліджень. На основі отриманих даних для загальної пористості полімербетону, визначеної методом водонасичення, можна судити про потенційні можливості матеріалу для

просочування термореактивними фурановими смолами і на їх основі зробити відповідні висновки про пористу структуру.

Посилювальна дія мінеральних наповнювачів зумовлена фізико-хімічними взаємодіями в контактній зоні полімер – наповнювач».

У міру збільшення дисперсності наповнювача безперервно зростає роль поверхневих явищ, оскільки все більша частина полімеру переходить у міжфазний шар (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив загального об'єму пор на пороутворення

Склад	Добавка	$P_o^d, \text{г/см}^3$	$P_o^T, \text{г/см}^3$	$H_p, \%$	Загальний об'єм на пористість у бетоні		
					за формулою (1), %	через водо-насиченість	живильна порозиметрія
1	0	1,986	1,958	–	24,50	24,84	14,86
2	0	2,096	2,137	1,92	18,62	20,61	8,30
3	0,1	1,880	1,843	–	29,20	28,41	12,46
4	0,1	2,050	2,240	8,48	21,78	21,85	9,82
5	0,2	1,970	2,023	2,61	24,31	24,89	9,77
6	0	2,011	2,023	0,59	22,29	22,57	10,40
7	0,1	1,996	2,119	5,80	24,10	24,03	12,53
8	0,1	1,876	1,884	0,42	26,92	29,05	20,81
9	0,1	2,032	2,023	–	21,70	22,91	11,34
10	0	2,090	2,158	3,15	17,85	20,02	13,50
11	0	2,065	2,128	2,96	20,66	20,96	8,66
12	0	2,035	2,114	3,74	22,52	24,89	14,02

У розглянутому аспекті досить важливо врахувати кількісну залежність між міцністю і дисперсністю наповнювача.

Об'єднувальною ланкою кінцевого впливу на міцність полімербетону постає такий фактор як структура пористості. Із цією метою проводилися дослідження на міцність зразків на основі фуранової смоли, наповненої андезитовим борошном і борошном із бою кислотостійкої цегли, а також молотим кварцовим піском із питомою поверхнею від 1 000 до 4 000 $\text{см}^2/\text{г}$.

Згідно з таблицею 1 ми визначили вплив загального об'єму пор наповнювача і заповнювача на пороутворення. Відношення п/н змінювалося від 0,4 до 0,8. На кривих зміни міцності (рис. 1) залежно від питомої поверхні наповнювача можна виділити три області: перша (питома поверхня 1 000... 2 000 $\text{см}^2/\text{г}$) характеризується інтенсивним

збільшенням міцності в міру зростання дисперсності наповнювача, що пояснюється переходом полімеру в тонкоплівковий орієнтовний стан.

Друга (питома поверхня 2 000...3 000 $\text{см}^2/\text{г}$) характеризується незначною зміною міцності і третя (3 000...4 000 $\text{см}^2/\text{г}$) і зниженням показників міцності фуранових композицій.

Зменшення міцності відбувається головним чином за рахунок пороутворення в результаті закапсулювання незмочених агрегатів із частинок дисперсного наповнювача. Результати експериментів (табл. 2) свідчать, що із збільшенням дисперсності наповнювача зменшується об'ємна маса зв'язуючого за умови постійності відношення п/н, що пояснюється збільшенням пороутворення через нестачу полімеру і прояви ефекту захоплення повітря.

Міцність за стиску, МПа

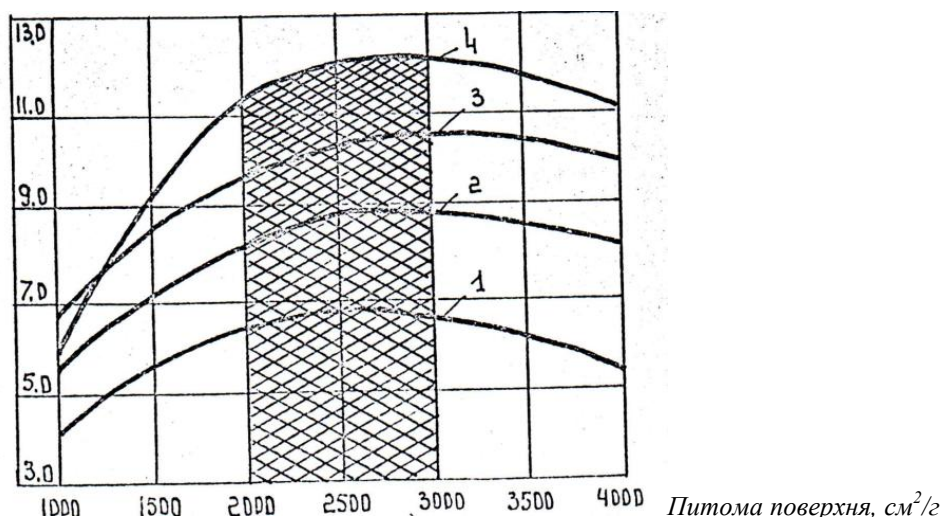


Рис. 1. Залежність міцності фуранових зв'язуючих від питомої міцності наповнювача:
1 – $n/n = 0,4$; 2 – $n/n = 0,5$; 3 – $n/n = 0,6$; 4 – $n/n = 0,7$

Таблиця 2

Щільність зв'язуючого залежно від дисперсності наповнювача (андезитового борошна)

Дисперсність наповнювача, $\text{см}^2/\text{г}$	Густина, $\text{г}/\text{см}^3$ за n/n				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
S = 1 000	1,935	1,932	1,910	1,900	1,868
S = 1 500	1,933	1,930	1,907	1,898	1,864
S = 2 000	1,930	1,926	1,903	1,894	1,860
S = 2 500	1,927	1,921	1,900	1,891	1,856
S = 3 000	1,925	1,917	1,896	1,887	1,852
S = 3 500	1,920	1,912	1,892	1,884	1,847
S = 4 000	1,918	1,908	1,886	1,880	1,843

Для дослідження використовували полімербетон різного складу з таких компонентів:

- зв'язуючого;
- затверджувача;
- мінерального наповнювача;
- заповнювачів, піску й щебеню.

Примітка: всі вказані матеріали супроводжуються сертифікатом і контрольним аналізом хімічної лабораторії заводу.

Зв'язуючі форфурацетонові мономери ФА або ФАМ (МРТ-605-1618-73) являють собою рідину коричневого кольору, нерозчинну у воді. Потрапляння води в мономер ФА і ФАМ не допускається.

Затверджувач – бензосульфокислота – БСК (ТУ МХП-307-54) являє собою кристалічну масу темно-сірого кольору.

Наповнювач – андезитове борошно (ВТУМПОМ-54).

Заповнювачі – пісок і щебінь отримують із відходів бою кислотостійкої кераміки, головним чином бою цегли (ДСНУ 4731-93) шляхом дроблення і просіювання на фракції крупністю: пісок 0,14...5 мм і щебінь 5...10 та 10...20 мм.

Наповнювачі і заповнювачі повинні бути сухими, допускається вологість не вище 0,5 %. При наявності води вище 0,5 % матеріали піддаються сушінню. Кислотостійкість визначається за ДСНУ 4731-93.

Не допускається потрапляння в матеріали карбонатних домішок, запилення вапняним пилом, а також інших побічних домішок і забруднень.

Контрольну перевірку матеріалів на вогкість і хімічний аналіз згідно з ДСНУ і ТУ проводять у хімічній лабораторії.

Як зв'язуюче полімергерметика використовується ФАЕД-20. Він являє собою сполуку фурфурол-ацетонової смоли з епоксидною.

Як затверджувач ФАЕД використовується поліетиленполіамін – рідина ПЕПа.

Пробні зразки (кубики $5 \times 5 \times 5$ см) виготовляли із вказаних компонентів. Технологія приготування полімербетонної суміші така:

1. Сухі компоненти (андезитове борошно, пісок і щебінь) окремо надходять у бункер – наповнювач. Зв'язуючі ФА, ФАМ після перевірки якості і усереднення надходять у місткість – наповнювач.

Для розігрівання БСК і за необхідності підігріву ФА, ФАМ передбачене нагрівальне устаткування.

Усі компоненти потрапляють у дозатори. Сухі компоненти прийнятого складу по масі засипають у проміжний бункер, а потім у бетонозмішувач.

Мономери ФА, ФАМ і розплавлене БСК через рідинні дозатори надходять у бетономішалку по трубопроводах.

2. Перемішування полімербетонної суміші здійснюється послідовно.

Спочатку у змішувач завантажують сухі матеріали – наповнювач і заповнювачі, які перемішують протягом 3...4 хв.

Потім у бетонозмішувач вводять зв'язувальну речовину – ФА, ФАМ і суміш перемішують 3...4 хв.

Розплавлений затверджувач БСК із температурою 40...50 °С невеликим струменем вводять у підготовлену суміш і ретельно перемішують протягом 3...4 хв, до отримання однорідної маси чорного кольору.

3. Приготовлена полімербетонна суміш через розвантажувальний люк бетонозмішувача надходить у короб, потім транспортується для укладання в опалубку.

На практиці відомі різні методи визначення структури пористого простору матеріалів: фізичні, фізико-хімічні,

адсорбційні, ртутна порометрія, мікроскопічні, емпіричні тощо [3]. Більша частина цих методів розглянута і проаналізована у праці [4] але – тільки ті, які прийнятні для визначення пористості полімербетону.

Необхідно зазначити, що кожний із цих методів має основний недолік – неможливість дати повне уявлення про структуру пористого простору через обмежений діапазон вимірювання розподілу пор за розміром. Дослідження пористості також проблематичне через наявність різних за хімічним складом матеріалів – наповнювачів, заповнювачів і полімерів.

Для отримання достовірних даних щодо характеристик пористого простору матеріалів застосовували різні методи.

Загальний об'єм пор у наповнювачах і заповнювачах визначається за допомогою водонасичення за такою методикою.

Попередньо змішані до постійної маси за температури 105 °С пробні зразки поміщають у камеру, де створюється вакуум порядку 20÷30 мм рт. ст. Цей вакуум підтримується протягом 30...60 хв залежно від розміру зразків для повного видалення повітря із зразка. Після цього подається вода, вакуумується ще 4...5 хв для видалення внесеного з водою повітря, і тиск підвищують до атмосферного. Зразки витримують під водою ще 24 год., після чого визначають їх масу у водонасиченому стані. За кількістю поглиненої води визначають об'єм зв'язаних мікропор і капілярів, що контактують між собою та із поверхнею зразка.

Для визначення загальної пористості застосовано також метод, який полягає на несполученій воді [5], з урахуванням корегування на об'єм пор, утворених у процесі захоплення повітря і початку ущільнення (H_v) за формулою (1):

$$H_{\text{заг.}} = H_i + H_v, \quad (1)$$

де $H_{\text{заг.}}$ – загальний об'єм пор; H_i – теоретично розрахований об'єм пор у полімербетоні за формулою (2):

$$H_i = \left(V - \frac{w \cdot \rho_{\text{з.н.}}}{\rho_{\text{зв.в.}}} \right) \cdot 100 \%, \quad (2)$$

де B – кількість води, $\text{см}^3/\text{см}^3$, $P_{з.н.}$ – вихідна кількість наповнювачів і заповнювачів, $\text{г}/\text{см}^3$; $\rho_{зв.в}$ – питома вага зв'язаної води, $\text{г}/\text{см}^3$; W – ступінь гідратації.

За даними [5; 6] $\rho_{зв.в} = 1,19 \text{ г}/\text{см}^3$, а ступінь гідратації прийнятий $W = 20 \%$.

Об'єм пор H_v отримується як різниця між теоретичними ($\rho_{от}$) і дійсними ($\rho_{од}$) об'ємними масами зразків, що досліджуються за формулою (3):

$$H_v = \frac{\rho_0^T - \rho_0^A}{\rho_0^T} * 100\% \quad (3)$$

Для оцінювання загального об'єму пор у полімербетоні ($H_{п.б.}$) використано різницю між загальною пористістю бетону ($H_{заг}$) і об'ємом полімеру ($V_{п.}$):

$$H_{п.б.} = H_{заг} - V_{п.}, \% \quad (4)$$

Кількість полімерів у полімербетоні перебуває у прямій залежності з його загальною пористістю. Оскільки полімери заповнюють до 70 % пор, через неможливість проникнення мономера у систему, дрібні пори, випаровування останнього в процесі полімеризації і усихання, визначення $V_{п.}$ буває неточним. В нашому дослідженні об'єм полімеру визначається на базі його маси, що міститься у зразку ($m_{п.}$), його питомої ваги (прийнята за літературними даними $1,05 \text{ г}/\text{см}^3$) і об'єму зразка за формулою (5):

$$V_{п.} = \frac{m_{п.}}{1.05 * \rho_{о.зр.}} * 100\% \quad (5)$$

де $V_{о.зр.}$ – об'єм зразка.

Паралельні дослідження щодо визначення об'єму і розподілу пор за розміром проведено ртутним порометром типу «Карло Ерба» з максимальним тиском 150 МПа. За допомогою цього методу побудовано інтегральні й диференціальні криві пористості наповнювачів, заповнювачів і полімербетону у діапазоні пор із радіусом від 50 до 75 000 А. Для зразків полімербетону кут змочування між ртуттю і полімером було прийнято за 155°C [7].

Оскільки за високого тиску можливе розтріскування полімеру, що цілком

заповнює деякі пори у полімербетоні, отримані результати використовувалися тільки для якісного оцінювання пористості.

Отримані результати щодо загального об'єму пор у заповнювачі і наповнювачі, визначені вищеописаними методами, наведені в таблиці 2.

Порівняно близькі значення $H_{об}$ отримані шляхом водонасичення і за формулою (2) експериментально-теоретичного методу дають підставу вважати, що цим методом можна порівняно легко отримати досить точну для практичної мети інформацію щодо загального об'єму пор у матеріалі. Відносно більш низькі значення для $H_{об}$, отримані на ртутному порометрі, пов'язані з обмеженими можливостями приладу, а також із можливістю визначення об'єму пор, утворених у результаті захоплення повітря і недостатнього ущільнення. На основі отриманих даних для загальної пористості полімербетону, визначеної методом водонасичення, можна судити про потенційні можливості матеріалу для просочення термореактивними фурановими смолами.

У зв'язку з порівняно легким проведенням експерименту цей метод може застосовуватися, як попередній, з достатньою точністю для вирішення термолігічних питань отримання полімербетону.

Показники загального об'єму пор у полімербетоні, розраховані за формулою (4), визначені методом водонасичення і за даними ртутного порометра, наведені в таблиці 3: 1 – склад; 2 – загальний об'єм пор у полімербетоні, 3 – за формулою (4); 4 – ртутна порометрія; 5 – метод водонасичення.

Найвищі значення $H_{п.б.}$ отримані за формулою (4), в той же час як результати двох інших методів дають порівняно більш низькі значення. В результаті просочування частина пор у полімербетоні повністю заповнюється термореактивними фурановими смолами, через що можна чекати утворення ізолюваних (не зв'язаних між собою) пор, в які неможливий доступ

води або ртуті. Метод ртутної порометрії, хоч і має похибки, поки єдиний, за допомогою якого можна отримати уявлення про розподіл пор полімербетону за розмірами в широкому діапазоні.

Із сумарної оцінки результатів стосовно загальної пористості, отриманих методами водонасичення і за формулою (4) для полімербетону, можна обчислити значення

цієї характеристики і на її основі зробити відповідні висновки про пористу структуру.

За допомогою інтегральних і диференціальних кривих пористості бажано виконувати тільки якісне оцінювання перерозподілу пор за розміром у результаті просочення і полімеризації мономеру в просторі пор наповнювачів і добавок.

Таблиця 3

Показники загального об'єму пор

Склад (1)	$H_{об}, \%$	$V_{п}, \%$	Загальний об'єм на пористість бетонополімеру (2)		
			за формулою (3)	живильна порозиметрія (4)	через водонасиченість (5)
1	24,84	15,34	9,50	4,17	2,48
2	20,61	11,90	8,71	2,93	1,61
3	28,41	16,52	11,89	5,26	3,91
4	21,85	12,05	9,80	2,46	1,98
5	24,89	14,88	10,01	5,12	2,19
6	22,57	11,82	10,75	3,22	2,89
7	24,03	13,88	10,15	3,59	2,63
8	29,05	16,62	12,43	7,13	4,12
9	22,91	12,58	10,33	3,05	2,54
10	20,02	11,03	8,99	3,14	1,65
11	20,96	11,4	9,55	3,72	2,72
12	24,85	13,82	11,03	3,05	3,79

Висновки. Зниження міцності фуранових композицій відбувається головним чином за рахунок пороутворення в результаті занагуюльованих незмочених агрегатів із частинок дисперсного наповнювача.

Результати експериментів свідчать, що із збільшенням дисперсності наповнювача зменшується об'ємна маса зв'язуючого за умови постійності відношення п/н, що

пояснюється збільшенням пороутворення у результаті нестачі полімеру і прояву ефекту захоплення повітря.

У разі повного просочення мінеральних компонентів полімеру розподіляється по всьому об'єму і формується безперервна і рівномірно розподілена ґратка з полімеру і його пористого простору. Відповідно, полімербетон ущільнюється і створюється контакт між матрицею і полімером.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баженов Ю. М. Перспективы применения бетонполимеров и полимербетонов в строительстве. Москва : Строительство, 2011. 92 с.
2. Милков С., Крумов В. Дослідження пористої структури бетону і бетонополімеру. Київ : Технічна думка, 2010. № 4. С. 35–39.
3. Шейкин А. Е. Структура, прочность и трещиностойчивость цементного камня. Москва : Строительство, 2013. 112 с.
4. Pore Structure and Properties of Materials : Proceeding of the International Symposium. P. 1. Acad. Prague, 2013. Pp. 47–52.
5. Горчаков Г. И. Состав, структура и свойства цементных бетонов. Москва : Строительство, 2011. 101 с.
6. Невиль А. М. Свойства бетона. Москва : Строительство, 2001. 49 с.
7. Whiting D., Kline E. Cement and Concrete Research. Vol. 7. 2007. Pp. 55–60.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. *Perspektivy primeneniya betonpolimerov i polimerbetonov v stroitel'stve* [Prospects for the use of concrete polymers and polymer concrete in construction]. Moscow : Stroitel'stvo Publ., 2011, 92 p. (in Russian).
2. Myl'kov S. and Krumov V. *Doslidzhennya porystoyi struktury betonu i betonopolimeru* [Investigation of the porous structure of concrete and concrete polymer]. Kyiv : Tekhnichna Dumka Publ., 2010, no. 4, pp. 35–39. (in Ukrainian).
3. Sheikyn A.Ye. *Struktura, prochnost' i treschinoustojchivost' cementnogo kamnya* [Structure, strength and crack resistance of cement stone]. Moscow : Stroitel'stvo Publ., 2013, 112 p. (in Russian).
4. Pore Structure and Properties of Materials : Proceeding of the International Symp. P. 1. Acad. Prague, 2013, pp. 47–52.
5. Horchakov H.I. *Sostav, struktura i svoystva cementnykh betonov* [Composition, structure and properties of cement concrete]. Moscow : Stroitel'stvo Publ., 2011, 101 p. (in Russian).
6. Nevyl A.M. *Svoystva betona* [Properties of concrete]. Moscow : Stroitel'stvo Publ., 2001, 49 p. (in Russian).
7. Whiting D., Kline E. Cement and Concrete Research. Vol.7, 2007, pp. 55–60.

Надійшла до редакції: 01.06.2021.

УДК 65.014.1

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.27.764

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗМІСТУ І МЕЖ ПРОЕКТІВ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НА ОСНОВІ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ ЦІЛЕЙ

БІЛОКОНЬ А. І.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
КОВТУН-ГОРБАЧОВА Т. А.², *канд. техн. наук, доц.*,
КОЦЮБА Т. В.³, *ас.*

^{1*} Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

² Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-61, e-mail: kovtun-horbachova.tetiana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0948-1299

³ Кафедра металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-61, e-mail: kotsiuba.tetiana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4404-8896

Анотація. Постановка проблеми. Пропонується розв'язання актуальної науково-прикладної задачі – підвищення ефективності та якості концепцій розвитку територій шляхом застосування об'єктивних методів обґрунтування цілей, змісту і меж проектів. Показано, що комплексну реконструкцію житлових територій необхідно розглядати як закономірний процес оновлення і вдосконалення планування і забудови міст, підвищення якості середовища проживання і системи життєзабезпечення людини, ефективності використання територій і житлового фонду. Уміння правильно визначити мету, розміри проекту, узгодити власні інтереси девелопера з інтересами майбутніх власників дозволяє досягти максимальних результатів. Показано, що в розвитку девелопменту та управлінні девелоперськими проектами залишається ще низка невирішених проблем, в тому числі: інтеграція діяльності девелоперських компаній з оточенням і потребами зовнішнього середовища, а також не отримали ще достатнього розвитку об'єктивні методи обґрунтування концепцій, змісту і меж багатоаспектних девелоперських проектів. Як *об'єкт дослідження* розглядаються концептуальні рішення проектів девелопменту. **Мета дослідження** – підвищення ефективності і якості проектів девелопменту за допомогою об'єктивних методів обґрунтування змісту і меж проектів. У результаті дослідження: виконано аналіз оточення проектів девелопменту та визначено основні категорії зацікавлених груп осіб і коло їх інтересів; визначено систему цілей і пріоритетів для розроблення та оцінювання можливих альтернатив проектів; запропоновано алгоритми дій та інструментарій для обґрунтування змісту і меж проектів девелопменту на основі єдиної системи цілей і пріоритетів. Результати дослідження дозволять підвищити ефективність проектів розвитку і збільшити прибутковість від використання територій.

Ключові слова: проекти девелопменту; розвиток; реконструкція та вторинна забудова житлових територій; об'єктивні методи обґрунтування концепцій, змісту і меж проектів девелопменту

DEVELOPMENT OF THE THEORETICAL BASIS AND PRACTICAL EVALUATION OF RESULTS MANAGEMENT OF STAKEHOLDERS IN PROJECTS

BILOKON A.I.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KOVTON-HORBACHOVA T.A.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
KOTSIUBA T.V.³, *Ass.*

^{1*} Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-08-44, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

² Department of Metals, Woods and Plastics Constructions, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-61, e-mail: kovtun-horbachova.tetiana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0948-1299

³ Department of Metals, Woods and Plastics Constructions, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-61, e-mail: kottany@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4404-8896

Abstract. Problem statement. The paper proposes a solution to the current scientific and applied problem – improving the efficiency and quality of concepts of territorial development through the use of objective methods to justify the objectives, content and boundaries of projects. It is shown that the complex reconstruction of residential areas should be considered as a natural process of renewal and improvement of urban planning and development, improving the quality of habitat and human life support system, efficiency of use of territories and housing. The ability to correctly determine the goals, size of the project, the coordination of the developer's own interests with the interests of future owners leads to maximum results and efficiency. It is shown that in the development of development and management of development projects there are still a number of unresolved issues, including: integration of development companies with the environment and the needs of the environment, and not yet sufficiently developed objective methods of substantiation of concepts, content and boundaries of multifaceted development projects. Conceptual solutions of development projects are considered as an object of research. **The object of the study** is to increase the efficiency and quality of development projects through objective methods of substantiation of the content and boundaries of projects. As **a purpose of the study** the following tasks were identified and solved: an analysis of the environment of development projects was performed and the main categories of stakeholders and their range of interests were identified; the system of the purposes and priorities at development and an estimation of possible alternatives of projects is defined; algorithms of actions and tools for substantiation of the maintenance and borders of development projects on the basis of uniform system of the purposes and priorities are offered. The results of the study will increase the efficiency of development projects and increase the profitability of land use.

Keywords: *project environment; persons which interested in the project; factors that determine the success of the project; assessment of the achievement of the project objectives; opportunities to achieve the objectives of each of the stakeholders*

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку однією з проблем для багатьох обласних центрів України (і не тільки) стало перетворення (оновлення) масової житлової забудови міст, що належить до середини минулого століття.

Цей житловий фонд морально і фізично застарів, не задовольняє сучасним естетичним і споживчим якість (нормам) і не відповідає громадському уявленню, яке змінилося, про зовнішнє середовище.

Проблема перетворення і комплексної реконструкції масової житлової забудови може бути вирішена за допомогою вторинної забудови території.

Таким чином, підвищується ефективність використання сформованих територій і одночасно вдосконалюються система громадського обслуговування, просторові зв'язки, містобудівні архітектурно-планувальні рішення.

Комплексну реконструкцію житлових територій, включаючи вторинну забудову, слід розглядати як закономірний процес оновлення і вдосконалення планування і забудови міст, підвищення якості середовища проживання і систем

життєзабезпечення людини, ефективності використання територій і житлового фонду.

Діяльність, пов'язана з розвитком територій і перетворенням земель (нерухомості) до нового використання, в англійській літературі називається девелопмент.

Девелопмент (англ. development – розвиток) – область управління бізнесом, нерухомістю, будівництвом, орієнтована на збільшення вартості об'єктів і принесених ними доходів за допомогою урахування ситуації, що змінюється, оцінювання ризиків, використання можливостей розвитку, вдалого вкладення капіталу [6].

Із визначення випливає, що девелопмент – це вид діяльності, спрямований на якісне перетворення об'єктів нерухомості (земельних ділянок, будівель, споруд) з метою отримання максимальної прибутковості від використання територій.

Безліч інтересів і цілей різних зацікавлених груп осіб, унікальність розташування і забудови тієї чи іншої території зумовлюють концептуальне рішення і можливі альтернативи проекту девелопменту.

Прийнято вважати, що девелопмент тільки тоді досягає максимальних результатів, коли орієнтований на задоволення потреби стейкхолдерів (кінцевого споживача та інших учасників), чий інтереси безпосередньо й опосередковано порушені результатами проекту.

Завдання девелопера полягає у:

- правильному визначенні конкурентоспроможної концепції (концептуального базису проекту);

- реалізації даної концепції в межах узгодженого обмеження (бюджету, термінів, якості), а також в інтересах і до загального задоволення очікувань учасників.

Ключ до якісної концепції розвитку території – якісний простір, комфортний для проживання, роботи та відпочинку людей; організація якісного обслуговування і управління об'єктами нерухомості.

Для цього необхідно приділяти велику увагу якості концептуального опрацювання проектів, у т. ч. і розвитку інструментарію обґрунтування прийнятих рішень.

Обдуманий і професійний підхід до вибору ділянки в структурі міста, скрупульозне розроблення концепції об'єкта (продукту) девелопменту, ґрунтовне проектування і продумане, поетапне будівництво – це фактори успіху створюваної нерухомості в довгостроковій перспективі, її інвестиційної привабливості та окупності.

Основу концепції становить погляд на проект як на зміну вихідного стану будь-якої системи (наприклад, забудови території), пов'язану з витратами часу, коштів і спрямовану на задоволення кінцевого споживача шляхом просування і виведення на ринок девелопером конкурентних продуктів і послуг.

Девелопмент нерухомості – це безперервні зміни (реконструкція, новий розвиток) навколишнього середовища для задоволення потреб суспільства.

Потреба суспільства в девелопменті нерухомості постійна, оскільки технології, споживчі смаки і уявлення суспільства про якість середовища постійно змінюються.

Ці безперервні зміни навколишнього середовища повинні бути кимось ініційовані, інноваційні ідеї втілені в концепції, хтось повинен забезпечити інвестування, проектування, координацію завдань, будівництво. Причому так, як треба не тільки власникам (власнику) проекту, або як це бачить архітектор або чиновник, а й зовнішньому середовищу.

Хтось повинен мотивувати вкладати кошти, курувати виробництвом і обслуговуванням нового середовища існування, в якій суспільство живе, працює, відпочиває.

І цей «хтось» для цього повинен володіти відповідними компетенціями та інструментарієм. Наприклад, визначення масштабу і меж проекту, необхідних і достатніх для інвестиційної привабливості та окупності.

Звідси основне і вкрай важливе завдання в девелопменті – керувати не тільки проектами, й інтеграцією компанії (девелопера) з оточенням, потребами зовнішнього середовища.

Уміння правильно визначити мету, розміри проекту (масштаб, межі), узгодження власних інтересів з інтересами майбутніх власників, користувачів – шлях до успіху, досягнення максимальних результатів і ефективності.

Застосування сучасних методів управління проектами та програмами в девелопменті постає визначальним фактором у підвищенні ефективності використання капіталу в процесі створення і управління об'єктами нерухомості.

Девелопер самостійно розглядає можливості реалізації проекту на можливій земельній ділянці, в т. ч. з існуючою на ньому нерухомістю.

Якщо проект схвалений і прийнятий, починається робота із землевідведення, розроблення концепції, отримання фінансування, проектування, отримання дозволів, будівництва (реконструкції, перепрофілювання), приймання об'єкта з подальшим обслуговуванням та управлінням створюваною нерухомістю.

При цьому підрядні організації (будівельники) займають тут пасивну позицію, спрямовану на реалізацію своїх вузьких завдань (виконати відповідно до контракту свою роботу і піти з об'єкта).

Ефективне просування в цілому всього проекту і досягнення кінцевих цілей підрядників не цікавить.

Відповідальність за кінцеві результати, ризики, ефективність приймає на себе девелопер.

Отож предметною областю нашого дослідження став девелопмент (табл. 1).

Під об'єктом девелопменту будемо розуміти як окрему будівлю, споруду, так і їх цілісний функціональний комплекс, що являє результат розвитку території.

Початковий стан кожного об'єкта характеризується повною розбіжністю між бажаним станом середовища й існуючим фактичним станом, що стає поштовхом до розвитку цієї території.

Під продуктом проекту девелопменту будемо вважати корисний продукт, пов'язаний з об'єктом нерухомості суспільно, або корпоративно, або індивідуально, як результат роботи нерухомості, що створюється (наприклад, ефективність використання території, енергоспоживання або прибуток девелопера).

Таблиця 1

Предметна область девелопменту нерухомості

Предметна область	Вид діяльності
Девелопмент нерухомості	Масштабна зміна території
	Комплексна забудова
	Житлова нерухомість
	Торгова та офісна нерухомість
Стратегія девелопера	Розвиток організаційної структури
	Фінансова та економічна стратегії
Процеси управління девелопментом	Розробка концепції
	Вибір кращої альтернативи

Аналіз публікацій за темою дослідження. Проблеми девелопменту та вторинної забудови території сьогодні активно розглядають й обговорюють

архітектори, будівельники, економісти, фахівці з планування та управління [2–8].

Аналіз літературних джерел дозволяє виділити ряд напрямків діяльності, які підпадають під визначення «девелопмент» (див. табл. 1), в т. ч.:

– проекти девелопменту нерухомості та вторинної забудови територій;

– стратегії розвитку девелоперських компаній;

– процеси управління проектами девелопменту.

Велика частина публікацій за темою належить до загальних питань територіального планування [5], розглядає приклади концепцій перетворення масової житлової забудови [8].

Представлені проектні і планувальні рішення реконструкції забудови територій, як правило, мають індивідуальний описовий або візуальний характер.

Публікації не містять аналітичних оглядів, відсутні і спроби хоч будь-якого аналізу, узагальнення, систематизації.

Зроблені висновки мають тривіальний характер і мало що дають для практиків.

Під час ознайомлення з ними складається враження, що тут взагалі не можуть бути будь-які загальні наукові підходи, принципи, прийоми, алгоритми дій.

Кожен представляє свої авторські індивідуальні або колективні проекти, без будь-яких спроб серйозного аналізу і обґрунтування прийнятих концепцій.

Автори не розглядають можливі альтернативи вибору рішень виходячи з цілей, масштабу, меж проектів, змісту та ідей розвитку і вторинної забудови територій. А якщо немає спільного розуміння (загальних підходів, принципів, зв'язків) – то немає і системи знань.

Значить, засвоєний особистий досвід (помилки), кращі практики, знання не накопичуються, не аналізуються і не використовуються, що взагалі не дає розвитку.

Якщо визначити закономірності, загальні підходи, прийоми, тоді все це можна використовувати і враховувати,

обґрунтовуючи правильний вибір рішень, і цього можна навчити інших.

Головний висновок – що, незважаючи на велику кількість публікацій, спільного в них мало, особливо в частині розроблення концепцій, обґрунтування цілей і меж проектів.

Інша частина робіт і публікацій присвячена розвитку девелоперських компаній [2; 4], в т. ч.: організаційним структурам; функціям; компетенціям; їх зрілості і положенню на ринку.

Показані відмінності девелопера і підрядної організації відносно проекту, результату, продукту (табл. 2), функціональні відмінності.

Показано, що в ході реалізації проектів досягається поєднання двох напрямків діяльності в девелопменті:

– виробництво товарів проектів девелопменту (суспільно - корисного результату);

– забезпечення власної стійкості (положення на ринку) і життєздатності самої компанії (девелопера).

Таблиця 2

Відмінності девелопера від підрядної організації

Девелопер	Підрядник
а. Ставлення до проекту	
Ініціатор і головна зацікавлена особа в результатах проекту	Зацікавлений отримати контракт на виконання будівельних робіт
б. Ставлення до продукту	
Зацікавлений	Не зацікавлений
в. Ставлення до процесу	
Чим швидше і якісніше в межах бюджету – тим краще	Чим дорожче і довше – тим краще
г. Отримає від проекту	
Продукт. Реалізує його з максимальною прибутковістю	Роботу і премію

У розвитку девелопера й управлінні девелоперськими проектами, при цьому, залишається низка невирішених проблем:

– це проекти реструктуризації та розвитку самої девелоперської компанії й інтеграція її структури і діяльності з оточенням, з потребами зовнішнього середовища;

– і також не отримали досі достатнього розвитку об'єктивні методи для обґрунтування концепції, цілей, змісту і меж багатоаспектних девелоперських проектів.

Ще одна частина публікацій, досить нечисленна, присвячена розвитку систем управління девелопментом, наприклад, керування вимірами під час реалізації девелоперських проектів [8].

Безліч можливих впливів навколишнього середовища і тих відхилень проекту, що їх можуть спричинити ці дії, змушують вносити зміни в плани і в системах управління на всіх стадіях розгортання і просування проекту девелопменту: розроблення концепції, проектування, узгодження, вибору земельної ділянки, отримання дозволів, будівництва, приймання, експлуатації та управління активами.

За наявності системних відхилень у проектах рекомендується вносити зміни в системи управління проектами. Системи, що мають здатність враховувати рухливість (динаміку) оточення, отримували назву «мобільні».

Незважаючи на всі ці досягнення, все ж, на думку авторів, найважливішою стадією постає розроблення концепції, а відсутність тут зрозумілих і загальноприйнятих методичних підходів до обґрунтування концепції спричинює небажані наслідки.

Нездатність, а також відсутність об'єктивних систем обґрунтування концепцій (цілей, місії), змісту і меж проектів девелопменту зумовлює неефективні базові рішення щодо цілей створення і перетворення об'єктів нерухомості, включення комплексу непотрібних робіт, виникнення проблем під час реалізації нерухомості, недосягнення цілей, втрати очікуваного прибутку, невиконання кредитних і договірних зобов'язань, а то і зовсім прямі збитки.

Вихід – це ефективна організація управління девелопментом, і компанія, яка володіє необхідними компетенціями та відповідним інструментарієм, що забезпечує необхідний результат і ефективність,

здатність до координації спільних зусиль і врахування спільних інтересів.

Як об'єкт дослідження розглядаються концептуальні рішення проектів девелопменту.

Предмет дослідження – методичні прийоми і підходи до обґрунтування концепцій, змісту і меж проектів девелопменту.

Метою – підвищення ефективності і якості проектів девелопменту за рахунок об'єктивних методів обґрунтування змісту і меж проектів.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

– виконати аналіз оточення проектів девелопменту нерухомості, визначити основні категорії зацікавлених груп осіб і коло їх інтересів;

– визначити ієрархію цілей для розроблення та оцінювання (порівняно) можливих альтернатив проекту;

– визначити алгоритм дій для обґрунтування змісту і меж проектів девелопменту на основі єдиної системи цілей.

Таблиця 3

Основні категорії зацікавлених сторін

Цільові групи	Їх інтереси
I. Компанія (девелопер)	– робота; – доходи від продажу, оренди; – доходи від управління нерухомістю; – збільшення клієнтської бази обслуговування; – зниження витрат на експлуатацію, обслуговування; – енергоефективність; – розширення ринку; – стійкість на ринку.
II. Групи осіб, зацікавлених у придбанні (оренді) площ нового будівництва в межах вторинної забудови території	– придбання житла, оренда; – якісне обслуговування; – об'єкти соціальної сфери; – час, витрачений на здійснення покупок і транспорт; – об'єкти сфери побутового обслуговування і проведення дозвілля.
III. Групи осіб, будинки яких підлягають реконструкції за програмою вторинної забудови території	– поліпшення умов середовища; – поліпшення технічного стану нерухомості; – збільшення житлової площі; – поліпшення планувальних рішень; – додаткові робочі місця; – якісне обслуговування нерухомості; – збільшення вартості нерухомості; – поліпшення сфери побутового обслуговування, торгівлі, дозвілля; – поліпшення інженерно-транспортних мереж; – енергоефективність.
IV. Групи осіб (підприємства, організації, жителі будинків), розташованих поблизу, на межі зони (району) вторинної забудови території	– поліпшення умов середовища; – оренда офісних, торгових приміщень; – робочі місця; – збільшення вартості своєї нерухомості; – поліпшення умов обслуговування дозвілля; – наближення об'єктів торговельної та побутової сфери.

Результати дослідження. Процес аналізу оточення проекту починається з вивчення всіх дійових осіб і факторів, що

впливають, чи тих, що можуть вплинути на успіх проекту.

До навколишнього середовища належить практично все (сукупність речей,

умів і груп впливу), що не входить до проекту, в т. ч. фактори внутрішнього середовища; власники компаній, керівництво, керівники функціональних відділів, координатори інших проектів, тимчасовий персонал проекту і персонал, який передається на постійній основі, та ін., а також чинники і дійові особи в зовнішньому оточенні:

- державні інститути і громадські організації;
- законодавство і норми регулювання;
- політика, економіка, екологія, безпека, культура, мораль, релігія;
- технології;
- умови території.

Решта учасників проекту – в особі: замовника, постачальника, споживачів, конкурентів, підрядників, фінансових організацій, власників земельних ділянок, нерухомості та ін.

Але не всі учасники із зовнішнього оточення проекту становлять інтерес для виконання поставлених завдань і постановки мети в даному виді.

Дотримуючись класичного уявлення, «стейкхолдером може бути індивідуум або група, що підтримує (забезпечує) діяльність організації аналогічно тому, як це роблять власники акцій» [12].

У британському керівництві (частина стандарту BS 6079 1996) з управління проектами дається більш розгорнуте визначення стейкхолдера: «особи або група осіб, кровно зацікавлені в успіху організації (проекту) і навколишнього середовища, в рамках якої існує організація (проект)».

Стейкхолдери, які мають взаємовідносини, але не несуть ризики за кінцеві результати проекту, в подальшому дослідженні не розглядаються.

Тому основні цільові групи (категорії) зацікавлених сторін у проектах розвитку територій – це (табл. 3):

- компанія (девелопер);
- групи осіб, зацікавлені в придбанні (оренді) житлової, офісної, торгової нерухомості за рахунок нового будівництва в межах вторинної забудови території;

– групи осіб, будинки яких підлягають реконструкції за планом вторинної забудови території;

– групи осіб (підприємства, організації, жителі будинків), розташовані поблизу, на межі зони (району) вторинної забудови території.

У дослідженнях і публікаціях, присвячених реконструкції житлового фонду та розвитку територій, в основному розглядають дві перші категорії зацікавлених груп осіб: компанія девелопер, зацікавлена в отриманні максимального прибутку за рахунок продажів і договорів оренди новостворюваної нерухомості, а також за рахунок її утримання та обслуговування; а також категорія осіб, зацікавлених у придбанні або оренді новостворюваної нерухомості.

На момент розроблення концепції проекту ця категорія не визначена, і велика частина публікацій тут обмежується обчисленням вартості реалізованої нової нерухомості, орієнтовно її вигідного розташування відносно об'єктів соціальної сфери (дитячі садки, школи, аптеки, поліклініки тощо).

У проектах реконструкції житлової нерухомості і розвитку територій додаються, крім названих вище, ще дві важливі категорії зацікавлених осіб: групи людей, будинки яких підлягають реконструкції; і групи осіб (юридичних і фізичних), житлові та нежитлові приміщення яких розташовуються поблизу, по межі зони вторинної забудови території.

Площі вторинної забудови стають привабливими для інвесторів (фізичних осіб, організацій, підприємств), розташованих поблизу кварталів, що реконструюються, і які купують житлові, офісні, торгові приміщення для своїх працівників, а також для реалізації їх на вторинному ринку житла.

Можливими джерелами фінансування реалізації проектів і програм розвитку територій бачаться також кошти мешканців нерухомості, що реконструюється, які вносяться за додатково надані житлові площі.

Ці цільові категорії в достатньому ступені визначені на стадії розроблення концепцій проектів, а їх інтереси можуть і повинні бути враховані у визначенні змісту та меж проектів.

Вважається, що проекти і програми розвитку територій належать до складних багатоаспектних видів діяльності.

Їх відрізняє:

- різноманіття елементів (нове будівництво, реконструкція, знос, перепрофілювання нерухомості);
- багатовекторність (різні категорії зацікавлених груп осіб);
- комплексність (житло, виробництва, інфраструктурні об'єкти, соціальні);
- масштаб змін і межі розповсюдження;

– невизначеність.

Кращим інструментом системного управління територіями на основі проектів можна вважати прийнятий в Японії стандарт Р₂М: «Керівництво з управління інноваційними проектами і програмами» [9].

Інноваційні механізми реалізації програм розвитку будуються на ціннісному підході.

Нижче (рис. 1) наводиться характеристика споживчих цінностей проектів девелопменту нерухомості, що відображає переваги III і IV категорій зацікавлених груп і їх уявлення про якість середовища.

ЯКІСТЬ ЖИТЛА

планувальні рішення
технічний стан
енергоспоживання
збільшення вартості
своєї нерухомості

нові робочі місця
оренда
підприємництво
робота в службах
експлуатації

РОБОТА

ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ

соціальна сфера

торгові, побутові послуги
зони загального користування
технічне обслуговування

інженерно-транспортна
інфраструктура
паркування

час, що витрачається
на транспорт

ТРАНСПОРТ

Споживчі
цінності
проекту

Рис. 1. Характеристика споживчих цінностей проектів розвитку території

Попередній аналіз досліджень і публікацій з даної теми дозволив визначити основні цільові групи, а їх інтереси, пов'язані з реконструкцією та вторинною забудовою території, об'єднати в три напрямки:

- поліпшити якість житла (ЖП);

– поліпшити системи громадського обслуговування (СО);

– а також задовольнити очікування зацікавлених груп осіб, пов'язаних із роботою і транспортом (РТ).

Робота і транспорт виділені в одну групу як пов'язані речі.

Поняття про якість житлових умов (ЖУ) пов'язані з очікуванням поліпшення:

- планувальних рішень (ПЛ) і збільшення житлової площі;
- ефективності енергоспоживання (ЕС);
- поліпшення технічного стану будівлі і систем (ТС);
- збільшення вартості власної нерухомості (ВН);
- наявності зон індивідуального користування (ІЗ).

Поняття про якість системи громадського обслуговування (СО) пов'язані:

- з наявністю зон (ГК) громадського користування (паркових, пішохідних зон; ігрових майданчиків та ін.);
- якістю технічного обслуговування (ТО) будинків;
- близькістю об'єктів соціального призначення (ОС) (школи, аптеки, поліклініки та ін.);
- розвиненістю торгової і побутової сфери (ТП) послуг;
- наявністю достатньої кількості паркувальних місць (ПМ) для приватного автотранспорту.

Очікування, які зацікавлені групи осіб пов'язують із пропозиціями роботи та економією часу на транспорт (РТ), перш за все виражаються:

- у можливості приватного підприємництва та оренди офісних і торгових приміщень (ОП);
- у появі великої кількості нових робочих місць (РМ);
- в економії часу, що витрачається на транспорт і його очікування (ЧТ);
- у поліпшенні стану інженерно-транспортної (ІС) інфраструктури;
- у можливості отримання роботи в керівній компанії з утримання та обслуговування будинків і території (РУ).

Припустимо можливі три варіанти (альтернативи) А1, А2, А3 вторинної забудови території, з числа яких потрібно вибрати оптимальний варіант із міркувань можливості забезпечити максимальну ефективність використання території і при цьому максимально врахувати інтереси

(об'єднати, збалансувати) різних категорій зацікавлених груп осіб.

Щоб максимально врахувати інтереси зацікавлених груп осіб (об'єднати і збалансувати їх) можемо застосовувати метод аналізу ієрархій [10].

Метод застосовується для вирішення слабоструктурованих і неструктурованих проблем.

У результаті рішення визначається числово виражений відносний ступінь взаємодії елементів в ієрархії.

У методі аналізу ієрархій елементи порівнюють попарно відносно їх впливу (більшої чи меншої важливості) на загальні для них характеристики (цілі, підцілі), що має на меті проект девелопменту.

Для отримання позитивних результатів у порівняннях необхідно:

- вибрати числову (або ж нечітку) шкалу порівнянь;
- визначити ступінь неузгодженості суджень.

Таблицю парних порівнянь можемо записати у вигляді зворотно симетричної матриці:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix},$$

в якій $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Коли задача наведена у вигляді ієрархічної структури, матриця складається для парного порівняння критеріїв (цілей) на другому рівні відносно спільної мети, розташованої на першому рівні.

Такі ж матриці будують для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні відносно критеріїв (цілей) другого рівня і т. д., якщо кількість рівнів більша трьох.

Після формування матриць парних порівнянь за всіма критеріями (цілями) і альтернативами необхідно визначити власні вектори матриць, перевірити узгодженість матриць за допомогою їх власних чисел і провести аналіз пріоритетів альтернативних рішень щодо основної мети.

Оцінювання впливу альтернатив на спільну мету виконується в три етапи:

- оцінювання впливу альтернатив на підкритерії (підцілі);
- оцінювання впливу альтернатив на критерії (цілі);
- оцінювання впливу альтернатив на спільну мету.

Створення ієрархічної моделі

У цій задачі варіанти проектних рішень вторинної забудови території є альтернативами, що різняться між собою вмістом і межами проекту і утворюють четвертий (нижчий рівень ієрархії) (рис. 2).

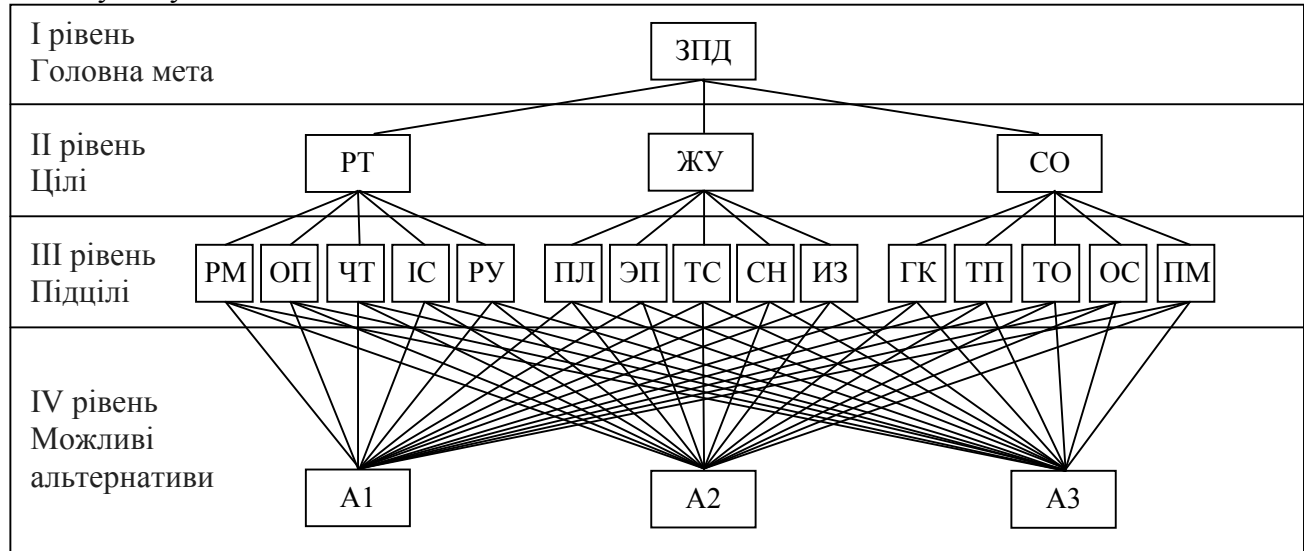


Рис. 2. Ієрархія цілей у розгляді альтернатив і обґрунтуванні змісту проекту девелопменту (ЗПД)

Цілі (якість житла, якість обслуговування, робота і транспорт) утворюють другий рівень ієрархії.

У свою чергу цілі залежать від підцілей. Наприклад: якість житла залежить від планувальних рішень, енергоспоживання, технічного стану будівлі, доданої вартості житла, наявності індивідуальних зон.

Підцілі утворюють третій рівень ієрархії.

Вершиною ієрархії постає головна мета – вибір ефективного, з точки зору зацікавлених груп осіб, середовища, комфортного для роботи, проживання та відпочинку людей.

Ієрархічна модель задачі показана на рисунку 2. Задача розв'язується поетапно:

1. Подання проблеми у вигляді ієрархії.

2. Встановлення пріоритетів критеріїв, оцінювання кожної альтернативи за критеріями і вибір із них найбільш важливої.

Унікальність середовища, розташування і характер забудови території, представництво і ступінь зацікавленості

різних категорій і груп осіб визначають пріоритети цілей і доцільність вибору альтернатив проекту, які між собою відрізняються масштабом і змістом.

Алгоритм дій для обґрунтування змісту і меж проектів розвитку територій на основі єдиної системи цілей і пріоритетів пропонується виконати в такій послідовності:

1. Розробити базову концепцію розвитку території.

2. Запропонувати 2–3 варіанти можливих альтернатив змісту проекту і меж поширення.

3. Оцінити різноманіття елементів, багатовекторність, комплексність, масштабність і невизначеність альтернатив.

4. Застосовуючи метод аналізу ієрархій, побудувати систему цінностей, визначити пріоритети цілей, спираючись на переваги і уявлення зацікавлених груп осіб про якість середовища (те, чому слід відповідати).

5. Розглянути альтернативи на відповідність пріоритетам основних

категорій зацікавлених осіб. Залишити кращу.

6. Скорегувати (уточнити) кращу альтернативу, посилюючи її орієнтуванням на пріоритет цілей.

Висновки

Пропонується розв'язання актуальної науково-прикладної задачі – підвищення ефективності і якості концепцій розвитку територій шляхом застосування об'єктивних методів обґрунтування цілей, змісту і межі проектів.

Комплексну реконструкцію житлових територій необхідно розглядати як закономірний процес оновлення і вдосконалення планування і забудови міст, підвищення якості середовища проживання і систем життєзабезпечення людини, ефективності використання територій і житлового фонду.

Уміння правильно визначити цілі, розміри проекту, узгодження власних інтересів девелопера з інтересами майбутніх власників сприяє досягненню максимальних результатів і ефективності.

Показано, що в розвитку девелопменту та управлінні девелоперськими проектами залишається ще низка невирішених проблем, у т. ч.: інтеграція діяльності девелоперських компаній з оточенням і потребами зовнішнього середовища, а також не отримали ще достатнього розвитку об'єктивні методи обґрунтування концепцій, змісту і меж багатогранних девелоперських проектів.

В результаті дослідження:

1. Виконано аналіз оточення проектів девелопменту та визначено основні категорії зацікавлених груп осіб і коло їх інтересів.

2. Визначено систему цілей і інструментарій обґрунтування пріоритетів для розроблення та оцінювання можливих альтернатив проектів.

3. Запропоновано алгоритм дій та інструментарій для обґрунтування змісту і меж проектів девелопменту на основі єдиної системи цілей і пріоритетів.

Результати дослідження дозволять підвищити ефективність проектів розвитку і збільшити прибутковість від використання територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоконь А. І., Маланчій С. О., Коцюба Т. В. Аналіз зовнішніх і внутрішніх сил в оточенні проекту. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 3. С. 15–28.
2. Білоконь А. Організаційні аспекти підготовки та реалізації проектів девелопменту. *Управління проектами та розвиток виробництва* : зб. наук. пр. Східноукр. нац. ун-т. ім. В. Даля. 2008. № 2 (26). С. 50–56.
3. Білоконь А. І. Особливості прийняття рішень у проектах девелопменту. *Управління проектами та розвиток виробництва* : зб. наук. пр. Східноукр. нац. ун-т. ім. В. Даля. 2008. № 2 (26). С. 60–64.
4. Бушуев С. Д., Чонви Обари Мгбере. Организационные формы управления девелоперскими проектами в динамическом окружении. *Управління проектами та розвиток виробництва* : зб. наук. пр. Східноукр. нац. ун-т. ім. В. Даля. 2010. № 9 (33). С. 5–13.
5. Глебушкина Л. В., Перетолчина Л. В. Реконструкция жилой застройки : уплотнение или разуплотнение. *Системы. Методы. Технологии*. 2016. № 3 (31). С. 182–191.
6. Ежикова Г. С. И все же, что такое девелопмент? (25.03.2006) URL : <https://metrosphera.ru/articles/text/?id=76>
7. Кравчуновская Т. С., Заяц Е. И., Елифанцева С. В. Методические подходы к оценке объектов недвижимости при комплексной реконструкции и вторичной застройке жилых микрорайонов. *Містобудування та територіальне планування*. 2013. Вип. 48. С. 222–266. URL : https://www.nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2130_48_3P
8. Мгбере Ч. О. Мобильные системы управления девелоперскими проектами. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2010. № 3/5 (45). С. 56–60.
9. Руководство по управлению инновационными проектами и программами (Р₂М). Т. 1, версія 1.2. Пер. на русск. яз. под ред. С. Д. Бушуева. Київ : Наук. світ, 2009. 173 с.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. Москва : Радио и связь, 1993. 278 с.
11. Білоконь А. І. Левчинский Д. Переустройство организаций в направлении создания проектно-ориентированных систем. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*.

2005. № 6. С. 212–215.

12. Freeman R. E. The stakeholder approach revisited. *Zeitschrift für Wirtschafts-und unternehmen-sthik*. 2004. Vol. 5, № 3. Pp. 228–241.

REFERENCES

1. Bilokon A.I., Malanchiy S.A. and Kotsiuba T.V. *Analiz zovnishnih i vnutrishnih sil v otocenni proektu* [Analysis of external and internal forces in the environment of the project]. *Visnyk Prydniprovskoi derzavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2018, no. 3, pp. 15–28. (in Ukrainian).
2. Bilokon A. *Organizacijni aspekti pidgotovki ta realizacii proektiv developmentu* [Organizational aspects of preparation and implementation of development projects]. *Upravlinnja proektamy ta rozvytok vyrobnyctva : zb. nauk. pr.* [Project management and production development : coll. of sc.c works]. Shidnoukrainskiy natsionalniy universitet imeni V. Dalja, 2008, no. 2 (26), pp. 50–56. (in Ukrainian).
3. Bilokon A. I. *Osoblivosti priijnattja rishen' u proektah developmentu* [Features of decision making in development projects]. *Upravlinnja proektamy ta rozvytok vyrobnyctva : zb. nauk. pr.* [Project management and production development : coll. of sc. works]. Shidnoukrainskiy natsionalniy universitet imeni V. Dalja, 2008, no. 2 (26), pp. 60–64. (in Ukrainian).
4. Bushuyev S.D. and Mhber Chonvy Obary. *Organizacionnye formy upravlenija developerskimi proektami v dinamicheskom okruzenii* [Organizational forms of management of development projects in a dynamic environment]. *Upravlinnja proektamy ta rozvytok vyrobnyctva : zb. nauk. pr.* [Project management and production development : coll. of sc. works]. Shidnoukrainskiy natsionalniy universitet imeni V. Dalja, 2018, no. 9 (33), pp. 5–13. (in Russian).
5. Hlebushkyna L.V. and Peretolchyna L.V. *Rekonstrukcija zhiloh zastrojki : uplotnenie ili razuplotnenie* [Reconstruction of residential buildings : compaction or de-compaction]. *Sistemy. Metody. Tehnologii* [Systems. Methods. Technology]. 2016, no. 3 (31), pp. 182–191. (in Russian).
6. Ezhykova G.S. *I vse zhe, chto takoe development?* [But still, what is development?]. (25.03.2006). URL : <https://metrosphera.ru/articles/text/?id=76>. (in Russian).
7. Kravchunovskaia T.S., Zaiats E.I. and Epyfantseva S.V. *Metodicheskie podhody k ocenke ob'ektov nedvizhimosti pri kompleksnoj rekonstrukcii i vtorichnoj zastrojke zhilyh mikrorajonov* [Methodological approaches to the assessment of real estate objects in the course of complex reconstruction and secondary development of residential neighborhoods]. *Mistobuduvannja ta terytorial'ne planuvannja* [Urban planning and spatial planning]. 2013, no. 48, pp. 222–266. URL : http://www.nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2130_48_3P. (in Russian).
8. Mhber C.O. *Mobil'nye sistemy upravlenija developerskimi proektami* [Mobile management systems for development projects]. *Shidno-Evropejs'kij zhurnal peredovih tehnologij* [Eastern European Journal of Advanced Technology]. 2010, no. 3/5 (45), pp. 56–60. (in Russian).
9. *Rukovodstvo po upravleniju innovacionnymi proektami i programmami (P₂M)* [Guidelines for the management of innovative projects and programs (P₂M)]. Vol. 1, version 1.2, Kyiv : Naukovij svit Publ., 2009, 173 p. (in Russian).
10. Saati T. and Kerns K. *Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya system* [Analytical planning. Organization of systems]. Moscow : Radio i svyaz' Publ., 1991, 224 p. (in Russian).
11. Bilokon A.I. and Levchynskyi D. *Pereustrojstvo organizacij v napravlenii sozdanija proektno-orientirovannyh sistem* [Reorganization of organizations towards the creation of project-oriented systems]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport.]. 2005, no. 6, pp. 212–215. (in Russian).
12. Freeman R.E. The stakeholder approach revisited. *Zeitschrift für Wirtschafts-und unternehmen-sthik*. 2004, vol. 5, no. 3. pp. 228–241.

Надійшла до редакції: 12.05.2021.

УДК 504.5:621.565.8

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.39.765

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТЕПЛООВОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РОБОЧИХ ЗОН

БІЛЯЄВА В. В., канд. техн. наук, доц.

Кафедра аерогідродинаміки та енергомасопереносу, Дніпровський національний університет ім. Олеса Гончара, пр. Гагаріна, 72, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 374-98-22, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2399-3124

Анотація. Постановка проблеми. Розглядається проблема прогнозування рівня забруднення повітря в робочих зонах на базі математичних моделей аеродинаміки та тепломасопереносу. Ставиться задача розрахунку поля концентрації хімічно небезпечних речовин та поля температури в робочих зонах. **Мета роботи.** Побудова числових моделей, що дозволяють швидко визначати розподіл температури та концентрації хімічно небезпечних речовин в областях, які мають складну геометричну форму. **Методика.** Для числового моделювання процесу забруднення повітря в робочих зонах у разі поширення хімічно небезпечних речовин використовується рівняння Г. Марчука, що враховує перенос хімічно небезпечної речовини шляхом конвекції, а також за рахунок турбулентної дифузії. Для моделювання теплового забруднення робочих зон використовується рівняння енергії. Для моделювання поля швидкості вітру за наявності різного роду перешкод – рівняння Лапласа для потенціалу швидкості. Інтегрування моделювальних рівнянь здійснюється на прямокутній сітці. Для числового інтегрування рівняння, що описує розповсюдження хімічно небезпечної речовини в повітрі робочих зон, використовується скінченнорізницева схема розщеплення. Для числового інтегрування рівняння Лапласа для потенціалу швидкості – дві схеми розщеплення. Невідоме значення потенціалу швидкості на кожному кроці розщеплення розраховується за явною формулою. Числове інтегрування рівняння енергії здійснюється за допомогою явної різницевої схеми. **Наукова новизна.** Побудовано числові моделі, що дають можливість розраховувати зони хімічного та теплового забруднення з урахуванням комплексу важливих фізичних факторів. Особливість числових моделей полягає у швидкості розрахунку, що важливо для проведення серійних розрахунків на практиці. **Практична значимість.** На базі розроблених числових моделей створено комплекс прикладних програм, який дозволяє аналізувати та прогнозувати інтенсивність та розміри зон теплового або хімічного забруднення. Він може бути корисним для визначення зон ураження у випадку екстремальних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах. **Висновки.** Розроблено числові моделі, на базі яких створено комплекс прикладних програм, що дозволяють методом комп'ютерного моделювання досліджувати багатопараметричні процеси хімічного та теплового забруднення робочих зон, повітря. Комплекс програм може бути реалізований на комп'ютерах малої та середньої потужності. Наведено результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: термічне забруднення; хімічне забруднення; робоча зона; числове моделювання

MATHEMATICAL MODELS APPLICATION TO PREDICT HEAT AND CHEMICAL AIR POLLUTION IN WORKING AREAS

BILIAIEVA V.V., Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

Department of Aerohydrodynamics and Energy Mass-transfer, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharina Ave., 49000, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 374-98-22, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2399-3124

Abstract. Problem statement. The problem of prediction the level of air pollution in working areas is considered on the basis of mathematical models of aerodynamics and heat and mass transfer. The task is to calculate the concentration field of chemically hazardous substances and the temperature field in the working zones. **The purpose of the article.** Construction of numerical models that allow determine the distribution of temperature and concentration of chemically hazardous substances in work areas with a complex geometric shape. **Methodology.** For numerical modeling of the process of air pollution in working areas during the spread of chemically hazardous substances, G. Marchuk's equation is used, which takes into account the transfer of a chemically hazardous substance due to convection, as well as due to turbulent diffusion. The energy equation is used to model the thermal contamination of work areas. To simulate the wind speed field in the presence of various kinds of obstacles, the Laplace equation for the speed potential

is used. The integration of the modeling equations is carried out on a rectangular grid. For the numerical integration of the equation describing the propagation of a chemically hazardous substance in the air of working areas, a finite-difference splitting scheme is used. For the numerical integration of the Laplace equation for the velocity potential, two splitting schemes are used. The unknown value of the velocity potential at each splitting step is calculated using an explicit formula. Numerical integration of the energy equation is carried out using an explicit difference scheme.

Scientific novelty. The constructed numerical models that allow to calculate the zones of chemical and thermal pollution, taking into account a set of important physical factors. A feature of numerical models is the speed of calculation, which is important when serial calculations are carrying out in practice. **Practical significance.** A complex of applied programs was created on the basis of the developed numerical models. This complex of programs allows to analyze and predict the intensity and size of zones of thermal or chemical pollution. This set of programs can be useful in determining the affected areas in case of extreme situations at chemically hazardous facilities. **Conclusions.** Numerical models have been developed. On the basis of these models a complex of applied programs has been created that allow to study multiparameter processes of chemical and thermal air pollution of working areas using the method of computer modeling. The complex of programs can be implemented on computers of low and medium power. The results of a computational experiment are presented.

Keywords: thermal pollution; chemical pollution; work zone; numerical simulation

Постановка проблеми. На практиці у разі виникнення екстремальних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах, транспорті можливе інтенсивне забруднення повітря в робочих зонах унаслідок пожеж або раптових викидів токсичних речовин. У таких екстремальних ситуаціях виникає ризик токсичного або хімічного ураження людей. Тому постає проблема прогнозування можливих наслідків екстремальних ситуацій з метою визначення масштабу загрози та на базі цієї інформації розроблення науково обґрунтованої системи захисту працівників.

Аналіз останніх досліджень. Оцінювання ризику теплового або хімічного ураження працівників можливе лише на базі математичних моделей. Для розв'язання цієї важливої задачі використовуються різні класи моделей [3; 7–13]:

1. Аналітичні моделі (наприклад, пакет прикладних програм SLAB).
2. Модель Гаусса (наприклад, пакет прикладних програм ALOHA).
3. Числові моделі, CFD моделі (наприклад, пакет прикладних програм ANSYS Fluent).

Використання аналітичних моделей, моделі Гаусса дозволяє дуже швидко визначити зони хімічного забруднення, але ці моделі не враховують впливу різного роду перешкод, що мають місце у цих зонах. На базі числових моделей, CFD моделей можливо отримати практично всю інформацію, потрібну для наукового

прогнозування ризику ураження працівників. Тому залишається задача створення математичних моделей, що дозволяють швидко визначити зони хімічного та теплового забруднення і при цьому врахувати найважливіші фізичні параметри, що впливають на процеси тепломасопереносу.

Мета статті. Побудова CFD моделей для оцінювання рівня хімічного та теплового забруднення повітря в робочих зонах.

Методика. Розглядається процес хімічного та теплового забруднення повітря в робочих зонах, що може виникнути у надзвичайних ситуаціях на хімічно небезпечних об'єктах, транспорті. Для моделювання багатофакторних процесів тепломасопереносу використовуються фундаментальні моделі механіки суцільного середовища та методи числового інтегрування.

Модель хімічного забруднення робочих зон

Для моделювання забруднення повітря в робочих зонах у випадку емісії хімічно небезпечної речовини використовується фундаментальне рівняння масопереносу [6]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial (v - v_g)C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \sum Q_i \cdot \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \quad (1)$$

де C – концентрація хімічно небезпечної речовини в робочих зонах; u, v –

компоненти вектора швидкості повітряного потоку; μ_x, μ_y – коефіцієнти атмосферної турбулентної дифузії; (x_i, y_i) – координати місця емісії хімічно небезпечної речовини; t – час; $\delta(x-x_i)\delta(y-y_i)$ – дельта-функція Дірака; Q_i – інтенсивність емісії хімічно небезпечної речовини; v_g – швидкість осадження хімічно небезпечної речовини.

Граничні умови для моделювального рівняння такі [4]:

1. $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$ – на непроникливих межах (n – одиничний вектор зовнішньої нормалі до поверхні).

– одиничний вектор зовнішньої нормалі до поверхні).

2. $C = 0$ – на межі, де потік входить у розрахункову область.

3. $\frac{\partial C}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = 0$ – на межі виходу потоку з розрахункової області.

розрахункової області.

Для моменту часу $t = 0$, початкова умова записується як $C = 0$.

Розглянемо числову модель, побудовану на базі рівняння масопереносу. Для числового інтегрування будемо використовувати прямокутну різницеву сітку. Для побудови числової моделі здійснюється фізичне розщеплення рівняння масопереносу таким чином:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = 0. \quad (2)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right). \quad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \sum Q_i \cdot \delta(x-x_i) \cdot \delta(y-y_i). \quad (4)$$

Надалі здійснюються наступні перетворення:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) &\approx \mu_x \frac{C_{i+1,j}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} - \\ - \mu_x \frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x^2} &= M_{xx}^- C^{n+1} + M_{xx}^+ C^{n+1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) &\approx \mu_y \frac{C_{i,j+1}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} - \\ - \mu_y \frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y^2} &= M_{yy}^- C^{n+1} + M_{yy}^+ C^{n+1}, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial uC}{\partial x} = \frac{\partial u^+ C}{\partial x} + \frac{\partial u^- C}{\partial x},$$

$$\frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial v^+ C}{\partial y} + \frac{\partial v^- C}{\partial y},$$

$$u^+ = \frac{u + |u|}{2}, u^- = \frac{u - |u|}{2},$$

$$v^+ = \frac{v + |v|}{2}, v^- = \frac{v - |v|}{2},$$

$$\frac{\partial u^+ C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^+ C_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^+ C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial u^- C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^- C_{i+1,j}^{n+1} - u_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- C^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^+ C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^+ C_{i,j}^{n+1} - v_{i,j}^+ C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^- C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^- C_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^- C^{n+1}.$$

На наступному етапі будується двокрокова схема розщеплення для рівняння (2):

– перший крок ($k = \frac{1}{2}$):

$$\frac{C_{i,j}^k - C_{i,j}^n}{\Delta t} + L_x^+ C^k + L_y^+ C^k = 0;$$

– на другому кроці розщеплення різницеве рівняння має вигляд:

$$\frac{C_{i,j}^{n+\frac{3}{4}} - C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} + L_x^- C^{n+\frac{3}{4}} + L_y^- C^{n+\frac{3}{4}} = 0;$$

Далі, для числового інтегрування рівняння (3), використовується наступна двокрокова схема розщеплення:

$$\frac{C_{i,j}^{n+\frac{3}{4}} - C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = 0,5 \cdot (L_{xx}^- C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + L_{xx}^+ C_{i,j}^{n+\frac{3}{4}} + M_{yy}^- C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + M_{yy}^+ C_{i,j}^{n+\frac{3}{4}});$$

$$\frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j}^{n+\frac{3}{4}}}{\Delta t} = 0,5 \cdot (L_{xx}^- C_{i,j}^{n+1} + L_{xx}^+ C_{i,j}^{n+\frac{3}{4}} + M_{yy}^- C_{i,j}^{n+1} + M_{yy}^+ C_{i,j}^{n+\frac{3}{4}}).$$

Для числового інтегрування рівняння (4) застосовується метод Ейлера.

Модель теплового забруднення повітря в робочих зонах

Для розрахунку поля температур у робочих зонах будемо використовувати рівняння енергії в наближенні Бусінеска:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} = \text{div}(a \text{ grad } T), \quad (5)$$

де T – температура; u, v – складові вектора руху повітряного потоку; $a = (a_x, a_y)$ – коефіцієнти температуропровідності; x, y – декартові координати; t – час.

Граничні умови для рівняння (5):

1. На вході в розрахункову область:

$$T = T_{in},$$

де T_{in} – фонові температура повітря.

2. На виході з розрахункової області:

$$T_{i+1,j} = T_{i,j},$$

де $T_{i+1,j}$ – температура в останній різницевій комірці; $T_{i,j}$ – температура в попередній комірці.

3. На твердих поверхнях $\frac{\partial T}{\partial n} = 0$.

Початкова умова (за $t = 0$): $T = T_0$, де T_0 – відома температура повітря.

Розглянемо побудову числової моделі. Числове інтегрування здійснюється на прямокутній різницевій сітці, температура визначається на сторонах різницевої комірки таким чином:

$$T_{i,j}^{n+1} = T_{i,j}^n + \Delta t \frac{T_{i+1,j}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j}^n}{\Delta x^2} a_x + \Delta t \frac{T_{i,j+1}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j-1}^n}{\Delta y^2} a_y.$$

Як можна бачити із цієї залежності, температура визначається за явною формулою.

Модель аеродинаміки

Для використання рівняння масопереносу та рівняння енергії в прикладних розрахунках потрібно мати інформацію стосовно поля параметрів u, v . Для цього необхідно розв'язати задачу аеродинаміки. Для розв'язання цієї задачі будемо використовувати модель потенціального руху. В цьому випадку моделювальне рівняння має вигляд:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 P}{\partial^2 y} = 0;$$

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, v = \frac{\partial P}{\partial y}, \quad (6)$$

де P – потенціал швидкості.

Граничні умови:

1. $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$ – на твердих межах.

2. $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$ – на межі, де потік входить у

розрахункову область, V_n – відома швидкість повітря.

3. $P = \text{const}$ – на межі виходу потоку.

Для числового інтегрування рівняння (6) представимо його так:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2}, \quad (7)$$

де t – фіктивний час.

Для числового інтегрування рівняння (7) використовуються дві різницеві схеми. Перша схема розщеплення така:

$$\frac{P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - P_{i,j}^n}{\Delta t} = \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2} \right],$$

$$\frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \left[\frac{P_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{P_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} - P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2} \right],$$

де t – фіктивний час.

Для побудови другої схеми здійснюється таке розщеплення рівняння (7):

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial y^2}. \quad (9)$$

Розрахункова залежність для обчислення невідомого значення P на базі рівняння (8) має вигляд:

$$P_{i,j}^{n+1} = P_{i,j}^n + Vt \frac{P_{i+1,j}^n - P_{i,j}^n}{\Delta x^2} + Vt \frac{-P_{i,j}^n + P_{i-1,j}^n}{\Delta x^2}.$$

Розрахункова залежність для обчислення невідомого значення P на базі рівняння (9) має вигляд:

$$P_{i,j}^{n+1} = P_{i,j}^n + Vt \frac{P_{i,j+1}^n - P_{i,j}^n}{\Delta y^2} + Vt \frac{-P_{i,j}^n + P_{i,j-1}^n}{\Delta y^2}.$$

Визначення потенціалу швидкості на базі розглянутих різницевих схем закінчується, коли виконується умова:

$$|P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^n| \leq \varepsilon,$$

де ε – мале число.

Після розрахунку поля потенціалу швидкості визначаються компоненти вектора швидкості на базі залежностей:

$$u_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i-1,j}}{\Delta x}, \quad v_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i,j-1}}{\Delta y}.$$

На базі розрахованого поля швидкості повітряного потоку розв'язується рівняння масопереносу та енергії.

Результати. Нижче наведено результати розв'язання задачі на базі розглянутих числових моделей.

На рисунку 1 показано зону хімічного забруднення на промисловому майданчику у випадку аварійного викиду хлористого водню. Викид має місце в будівлі в двох місцях: перша зона викиду розташована зверху будівлі, а друга – з лівого боку.

На рисунку 1 показано концентрацію токсичної речовини у відсотках від максимальної концентрації в розрахунковій області. Максимальна концентрація (маркер «99») дорівнює 27 г/м³. Як показують дані обчислювального експерименту, хімічне забруднення повітря має місце з усіх боків промислової будівлі.

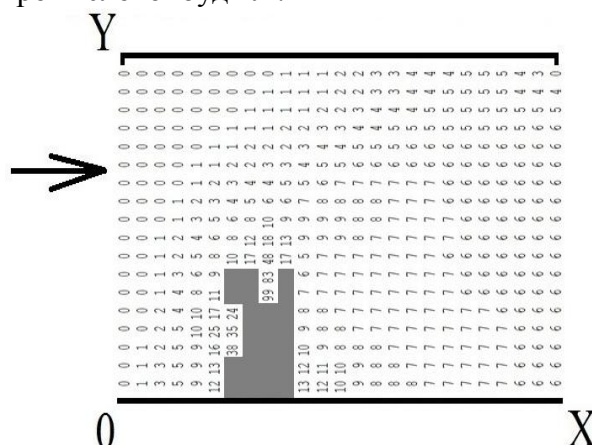


Рис. 1. Зона хімічного забруднення, $t = 26$ с

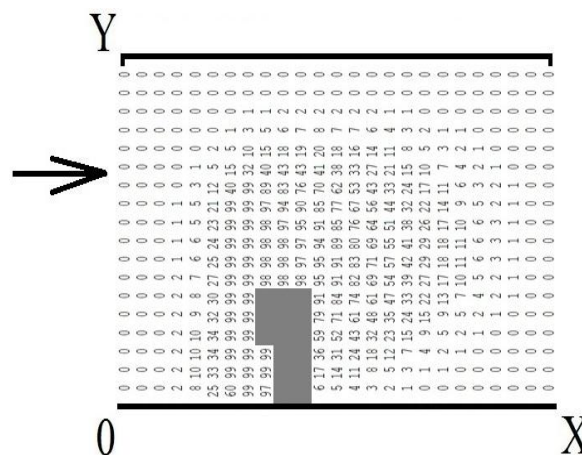


Рис. 2. Зона теплового забруднення, $t = 33$ с

На рисунку 2 показано поле температури в розрахунковій області для певного часу у випадку пожежі біля промислової будівлі. Число «99» показує положення полум'я. Зазначимо, що число «0» відповідає фоновій температурі 23°C . Кожне число показує температуру у відсотках від максимальної температури $T = 1100^{\circ}\text{C} + \text{фонова температура } 23^{\circ}\text{C}$.

Наведені результати обчислювальних експериментів показують, що побудовані числові моделі дозволяють оцінювати хімічне та теплове забруднення з урахуванням складної геометричної форми

об'єктів, розташованих на промисловому майданчику.

Зазначимо, що час розрахунку склав 4 секунди

Висновки

Розроблено дві числові моделі для оцінювання рівня хімічного та теплового забруднення робочих зон.

Ці моделі базуються на числовому інтегруванні фундаментальних рівнянь механіки суцільного середовища

У подальшому цей напрям досліджень буде спрямований на створення тривимірних числових моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алымов, В. Т., Тарасова Н. П. Техногенный риск : анализ и оценка : учеб. пособ. для вузов. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2004. 118 с.
2. Горшков В. И. Тушение пламени горючих жидкостей. Москва : Пожнаука, 2007. 268 с.
3. Біляєв М. М., Берлов О. В., Біляєва В. В., Череди́нченко Л. А. Оцінка ризику термічного ураження у випадку аварійного горіння. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 6. С. 54–60. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.54.698.
4. Роч П. Вычислительная гидродинамика. Москва : Мир, 1980. 412 с.
5. Самарский А. А. Теория разностных схем. Москва : Наука, 1983. 616 с.
6. Згуровский М. З., Скопецкий В. В., Хрущ В. К., Беляев Н. Н. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде. Київ : Наукова думка, 1997. 368 с.
7. Anthony Michael Barret. Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense : Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectiveness. Dissertation. Pittsburg, Pennsylvania, USA, 2009. 123 p.
8. Biliaiev M., Biliaieva V., Kozachyna V., Berlov O., Kalashnikov I. Numerical Simulation of Toxic Chemical Transport after Accidental Release at Chemical Plant. *Romanian Journal of Information Science and Technology*. 2020. Vol. 23. Pp. 3–23.
9. Chan W. R., Nazaroff W. W., Price P. N., Gadgil A. J. Effectiveness of Urban Shelter-in-Place. II: Residential Districts. 2008. 31 p. URL: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/928232> (Accessed: 29 March 2014). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.059.
10. Ilic P., Ilic S., Stojanovic Bjelic L. Hazard modelling of accidental release chlorine gas using modern tool. ALOHA Software. *Quality of Life*. № 9. 2018. Pp. 38–45.
11. John S. Nasstrom, Gayle Sugiyama, Ronald L. Baskett, Shawn C. Larsen and Michael M. Bradley. The National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC) Modeling and Decision Supports System for Radiological and NUCLEAR Emergency Preparedness and Response. *Int. J. Emergency Management*. 2007. № 3, vol. 4. Pp. 1–32.
12. Lacombe J.-M., Truchot D., Duplantier S. Application of an innovative risk dedicated procedure for both conventional and 3D atmospheric dispersion models evaluation. 18th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. 2017. Pp. 1–5.
13. Cejun Cao and oth. Multi-Objective Optimization Model of Emergency Organization Allocation for Sustainable Disaster Supply Chain. *Sustainability*. 2017. Vol. 9, iss.11. DOI: 10.3390/su9112103.

REFERENCES

1. Alymov V.T. and Tarasova N.P. *Tekhnogennyy risk : analiz i otsenka : uchebnoye posobiye dlya vuzov* [Technogenic risk : analysis and evaluation : a manual for higher education institutions]. Moscow : IKTs "Akademkniga" Publ., 2004, 118 p. (in Russian).
2. Gorshkov V.I. *Tushenie plameni goryuchih zhidkostej* [Extinguishing flames of flammable liquids]. Moscow : Pozhnauka, 2007, 136 p. (in Russian).
3. Bilyayev N.N., Berlov O.V., Bilyayeva V.V. and Cherednychenko L.A. *Ocinka ryzyku termichnogo urazhennya u vypadku avarijnogo gorinnya* [Risk assessment of thermal damage in case of emergency combustion]. *Visnyk Prydniprovskoi dergavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Archicture]. 2020, no. 6, pp. 54–60. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.54.698. (in Ukraine).

4. Rouch P. *Vychislitel'naya gidrodinamika* [Computational fluid dynamics]. Moscow : Mir Publ., 1980, 412 p. (in Russian).
5. Samarskiy A.A. *Teoriya raznostnykh skhem* [Difference Scheme Theory]. Moscow : Nauka Publ., 1983, 616 p. (in Russian).
6. Zgurovskiy M.Z., Skopetskiy V.V., Khrushch V.K. and Belyaev N.N. *Chislennoye modelirovaniye rasprostraneniya zagryazneniya v okruzhayushchey srede* [Numerical modeling of pollution spreading in the environment]. Kyiv : Naukova dumka Publ., 1997, 368 p. (in Russian).
7. Barret Anthony Michael Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense: Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectivness. Dissertation. Pittsburg, Pennsylvania, USA, 2009, 123 p.
8. Biliaiev M., Biliaieva V., Kozachyna V., Berlov O. and Kalashnikov I. Numerical Simulation of Toxic Chemical Transport after Accidental Release at Chemical Plant. *Romanian Journal of Information Science and Technology*. 2020, vol. 23, pp. 3–23.
- 9 Chan W.R., Nazaroff W.W., Price P.N. and Gadgil A.J. Effectiveness of Urban Shelter-in-Place. II: Residential Districts. 2008, 31 p. URL: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/928232> (Accessed: 29 March 2014). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.059.
10. Ilic P., Ilic S., Stojanovic Bjelic L. Hazard modelling of accidental release chlorine gas using modern tool. ALOHA Software. *Quality of Life*. 2018, no. 9, pp. 38–45.
11. John S. Nasstrom, Gayle Sugiyama, Ronald L. Baskett, Shawn C. Larsen and Michael M. Bradley. The National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC) Modeling and Decision Supports System for Radiological and NUCLEAR Emergency Preparedness and Response. *Int. J. Emergency Management*. 2007, no. 3, vol. 4, pp. 1–32.
12. Lacomme J.M., Truchot D. and Duplantier S. Application of an innovative risk dedicated procedure for both conventional and 3D atmospheric dispersion models evaluation. 18th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. 2017, pp. 1–5.
13. Cao C., Li C., Yang Q. and Zhang, F. Multi-Objective Optimization Model of Emergency Organization Allocation for Sustainable Disaster Supply Chain. *Sustainability*. 2017, vol. 9, iss. 11. DOI: 10.3390/su9112103.

Надійшла до редакції: 07.05.2021.

УДК 624.012

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.46.766

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

БЛІХАРСЬКИЙ Я. З.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
КОПІЙКА Н. С.², студ.

^{1*} Кафедра автомобільних доріг та мостів, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна, тел. +38 (097) 967-48-72, e-mail: varoslav.z.blikharskyi@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3374 -9195

² Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна, тел. +38 (098) 210-69-69, e-mail: nadiia.kopiika.mnbd.2020@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2270-4028

Анотація. Постановка проблеми. Будівельна індустрія на сьогодні – один з основних ідентифікаторів тенденцій в різних галузях життя суспільства. Останнім часом значної актуалізації набули питання оптимізації проектних рішень шляхом використання енерго- і ресурсощадних технологій і максимального використання ресурсів несної здатності будівельних конструкцій. Для вирішення цих питань необхідне глибоке розуміння поняття надійності і довговічності. Оскільки більшість параметрів несної здатності і навантаження є стохастичними за своєю природою, необхідні механізми їх об'єктивного оцінювання, які постають базою концепції «надійнісного проектування». Наявність таких методик дозволяє проектування будівель і споруд із заданим рівнем надійності і точне оцінювання залишкового ресурсу пошкоджених конструкцій, тобто оптимізує розв'язання інженерних задач широкого діапазону як під час нового будівництва, так і під час реконструкції. **Мета роботи** – детальний огляд наявних підходів до оцінювання надійності будівельних конструкцій; структурований аналіз еволюції наукової думки в напрямку розуміння стохастичної природи несної здатності конструкцій, окреслення перспективних напрямків експериментальних і теоретичних досліджень цієї проблеми. **Висновок.** Подальший розвиток концепції «надійнісного проектування» із встановленням цільових рівнів безвідмовності є перспективним, оскільки дозволить отримати ефективні проектні рішення, сприятиме впровадженню ресурсо- й енергоефективних технологій. Актуальним бачиться експериментальне вивчення статистичних характеристик зовнішніх впливів і несної здатності й оптимізація наявних методик імовірнісного моделювання для отримання універсального аналітичного апарату оцінювання надійності.

Ключові слова: надійність; безвідмовність; імовірнісне моделювання; ефективне проектування; оптимізація проектних рішень

COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE BUILDING STRUCTURES' RELIABILITY

BLIKHARSKYI Yar.Z.^{1*}, PhD, Assoc. Prof.,
KOPIKA N.S.², Stud.

^{1*} Department of Highways and Bridges History, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandera Str., 79013, Lviv, Ukraine, tel. +38 (097) 967-48-72, e-mail: varoslav.z.blikharskyi@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3374 -9195

² Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandera Str., 79013, Lviv, Ukraine, tel. +38 (098) 210-69-69, e-mail: nadiia.kopiika.mnbd.2020@lpnu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2270-4028

Abstract. Raising of the problem. Nowadays construction industry can be considered as one of the main identifiers of the overall progress of scientific activity, an indicator of trends in various spheres of society. Recently, the tasks of design solutions' optimization through the use of energy and resource-saving technologies and maximum use of resources have become significantly relevant. To solve these problems, it is necessary to have deep understanding of the concept of reliability and durability of buildings and structures. Since most of the parameters of bearing capacity and load are stochastic in nature, the mechanisms of their objective evaluation are necessary, which are the basis of the "sustainable design" concept. The availability of such techniques allows to design buildings and structures with given level of reliability and accurate assessment of the residual life of damaged structures, which optimizes the solution of engineering problems of a wide range in both new construction and reconstruction. **Purpose.** To conduct detailed review and comparative analysis of existing approaches to assessing the reliability of building structures. To perform a structured analysis of the evolution of scientific thought in the direction of understanding the stochastic nature of the

bearing capacity of structures, to outline promising areas of experimental and theoretical research on this problem. **Conclusion.** Further development of the "sustainable design" concept with establishment of target reliability levels is promising, as it will allow to obtain effective design solutions and will promote the introduction of resource- and energy-efficient technologies. The tasks of experimental study of statistical characteristics of external influences and bearing capacity and optimization of existing methods of probabilistic modeling to obtain a universal analytical apparatus for reliability assessment are topical.

Keywords: *reliability; sustainability; probabilistic modeling; effective design; optimization of design solutions*

Вступ. Сьогодні розвиток будівельної галузі вважається одним з основних ідентифікаторів загальних тенденцій в економічному, соціальному і виробничому житті суспільства. Так, у наукових роботах ставиться мета оптимізації проектних рішень шляхом використання енерго- і ресурсоощадних технологій [1]. Досягнення її передбачає розв'язання проблеми максимального використання резервів несної здатності будівельних конструкцій [1; 8].

Очевидно, що вирішення цієї проблеми можливе лише за наявності достовірних механізмів оцінювання надійності і довговічності будівельної конструкції з урахуванням різноманітних зовнішніх впливів. Такі методики дозволяють проектувати будівлі і споруди із заданим рівнем надійності і точно оцінювати залишковий ресурс пошкоджених конструкцій, тобто оптимізують розв'язання інженерних задач як під час нового будівництва, так і у процесі реконструкції.

Основна мета роботи – детальний огляд підходів до оцінювання надійності будівельних конструкцій. Дослідження також включає структурований аналіз еволюції наукової думки в напрямку розуміння стохастичної природи параметрів несної здатності конструкцій та окреслення перспективних напрямків експериментальних і теоретичних досліджень цієї проблеми.

Аналіз публікацій. Як відомо, процес формування проектного рішення неоднозначний і передбачає глибоке занурення інженера-проектанта в кожен конкретну розрахункову ситуацію для забезпечення необхідного рівня надійності. Саме ж поняття надійності передбачає повноцінне і достовірне оцінювання всіх аспектів роботи конструкції і зазнало

багаторазових модифікацій, доки отримало сучасний вигляд.

Піонерними дослідженнями цього питання стали праці М. Майєра [29] та Н. Ф. Хоціалова [17], Н. С. Стрілецького [16], в яких уперше запропоновано розглядати поняття надійності як функції стохастичних параметрів міцності і зовнішніх впливів. Недолік цих праць, який полягав у відсутності чіткої аналітичної методики оцінювання надійності, усунув А. Р. Ржаніцин [14; 15], котрий вважається засновником основних концепцій, покладених в сучасну теорію надійності.

Крім того, саме у працях [14–17; 29] зроблено перші спроби розроблення методики, яка б дозволила проектувати будівельні споруди наперед заданого рівня безвідмовності, тобто принципи так званого «надійнісного проектування».

Серед досліджень пізнішого періоду необхідно відмітити праці В. Д. Райзера [13] і В. В. Болотіна [2]. Зокрема, В. В. Болотін [2] спромігся вивести техніку імовірнісного розрахунку на якісно новий рівень, ставши одним із розробників теорії стохастичних процесів. У дослідженні [2] сформульовано та обґрунтовано метод «двох моментів», – математичний апарат імовірнісного розрахунку що використовується понині.

Публікації [2; 13–15] стали імпульсом для значного поширення і швидкого розвитку шкіл «надійнісного проектування» як в Україні, так і у світі. Важливі також праці С. Ф. Пічугіна [9; 10], який сприяв удосконаленню розрахункового апарату оцінювання надійності. Визначенням надійності конструкцій в умовах недетермінованого навантаження займався Р. І. Кінаш [4]. Аналіз сучасних норм в питаннях безвідмовності наведено в статті А. І. Лантуха-Ляценка [6].

Загалом роботи цього періоду можна охарактеризувати як трактування надійності через показник імовірності її відмови протягом певного періоду часу. Аналогічні трактування викладені в публікаціях іноземних авторів Ang [19], Ditlevsen, Madsen [20], Tang, Jiang, Li Y. [32], D. Val, F. Bljager, D. Yankelevsky [33], M. H. Faber [22; 23], C. Wang [34], Jitao [27] та ін.

Один із найбільш актуальних напрямків досліджень – це структурований детальний аналіз основних концепцій надійності, викладених у чинних нормативних документах. Загалом, як стверджують автори [7; 24; 34], поняття безвідмовної роботи є центральним феноменом, який по-різному трактується в нормах галузі будівництва різних країн.

Як приклад охарактеризуємо підходи в українських і європейських нормах [3; 21; 26]. Згідно з ДБН В.1.2-14:2018 [3], надійність можна охарактеризувати як здатність конструкції виконувати задані функції в певних умовах експлуатації, зберігаючи протягом установленого часу нормативні показники. Досить схоже трактування викладене в ISO 2394:2015 [26]. Необхідно зазначити, що в Eurocode EN 1990:2002 [21] надійність і безвідмовність конструкцій позиціонуються з точки зору можливого регулювання проектних рішень для максимальної їх оптимізації, тобто відслідковується чітке наслідування принципів «надійнісного проектування».

Багато дослідників зазначають високу ефективність такого підходу [7; 24; 34] і наголошують на необхідності удосконалення існуючих норм для отримання керованого апарату надійності.

Загалом усі підходи до визначення надійності будівельних конструкцій можна умовно поділити на дві групи [11]:

- 1) метод часткових коефіцієнтів надійності (граничних станів);
- 2) ймовірнісний метод (метод теорії надійності).

Окреслимо основні принципи методу граничних станів, що наразі постає основою сучасних норм проектування. Пошук

проектного рішення здійснюється шляхом співставлення навантажувального ефекту і несної здатності, тобто резерв міцності Z визначається як:

$$Z = \frac{R}{Q} \geq 1, \quad (1)$$

де Q , R – відповідно величини навантаження і несної здатності конструкції, які вважають детермінованими, а відхилення в значеннях навантажень і умов роботи елімінується за рахунок часткових коефіцієнтів надійності.

Необхідно зазначити, що в остаточні умови міцності ці параметри вводяться в детермінованій формі, незважаючи на саму стохастичність їх природи, що свідчить про очевидну відсутність апарату оцінювання фактичної надійності конструкції і важелів для її контролю [18]. Цей аспект досить наочно проаналізував В. Д. Райзер, який у своїй праці [13] довів очевидну невідповідність напівімовірнісного підходу реальній роботі конструкцій, що зумовлює необґрунтовані результати, коли рівень надійності конструкцій класу наслідків СС3 стає нижчим за цей рівень для класу СС1.

Якісно інші результати дає метод імовірнісного розрахунку надійності з використанням недетермінованих функцій і з урахуванням стохастичної природи вхідних параметрів навантаження і несної здатності.

Цей підхід набув значної популярності в низці останніх досліджень [30; 31], оскільки дозволяє проектувати конструкції з наперед заданим рівнем безвідмовності. Наприклад, J. Song [31] провів детальний аналіз числових методів імовірнісного моделювання і наголошує на врахуванні фактора часової невизначеності. Цікава методика керування змінними з огляду на невизначеність діапазону відмов розроблена М. Rashki [30].

У загальному ж випадку розрахунок надійності в імовірнісній постановці доцільно проводити у формі функції безпеки, яка визначає ймовірність потрапляння конструкції в область відмови. При цьому враховують невизначену природу геометричних розмірів, міцності

матеріалів, внутрішніх зусиль і зовнішніх впливів [18].

Працездатність конструкції в цьому випадку:

$$g(Q, R) = R - Q. \quad (2)$$

Нормування надійності можна виконувати різними способами. Наприклад, якщо використовувати індекси надійності, то маємо регулювання ймовірності відмови. Навпаки, для нормування допустимого рівня ризику розглядаємо добуток ймовірності відмови на кількісну характеристику наслідків.

Останнім часом проблема пошуку оптимальних методик імовірнісного моделювання надійності набула значної актуалізації. Розглянемо найважливіші досягнення цього напрямку і найбільш поширені методики оцінювання надійності.

Найчастіше застосовуваний з огляду на його простоту метод «двох моментів» [13], який визначає ймовірність відмови рівнянням:

$$P_f = 1 - \Phi(\beta), \quad (3)$$

де β – індекс надійності, що характеризує рівень безпеки і визначається за формулою:

$$\beta = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{(s_R^2 - s_Q^2)^{\frac{1}{2}}}, \quad (4)$$

де s_R, s_Q – стандартні відхилення внутрішнього опору R і зовнішнього навантаження Q ; $\bar{R}, \bar{Q}$ – середні значення цих величин.

Недолік цього методу полягає в тому, що його можна застосувати лише для нормальних і логнормальних законів розподілу [13].

На противагу до попереднього, в методі «гарячих точок» це обмеження усунуте. Основний принцип у цьому випадку полягає в ітераційному наближенні вихідного довільного закону розподілу до нормального. Методика такої апроксимації докладно описана в [13]. Розглядають вихідні стохастичні величини $x_1, x_2, \dots, x_n$, для яких відомі інтегральні F_{xi} , і

диференціальні f_{xi} , функції розподілу. Тоді можна отримати рівняння, що описує область безвідмовної роботи, яка містить «точку підгонки» з максимальною щільністю розподілу всіх вихідних величин:

$$g(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0. \quad (5)$$

Підбір координат «точок підгонки» виконують поступово, шляхом багаторазової локальної нормалізації всіх вихідних величин і перевірки виконання умов безвідмовної роботи, доки чергова «точка підгонки» не виявиться шуканою «гарячою точкою» [13]. Обмеженість методу полягає в тому, що точний розв'язок він надає тільки для законів розподілу, похідних від нормального, і для його застосування є також гладкість і диференційованість функції, яку застосовуємо для опису області відмови.

В закордонних працях [24; 28] часто застосовується модифікація методу у вигляді «FORM», який усуває зазначені обмеження і може використовуватись для нестійких функцій розподілу.

Наступний метод, на який слід звернути увагу, – метод статистичних випробувань, який полягає в такому [13]. Після виконання великої кількості випробувань отримуємо ряд випадкових реалізацій досліджуваних вихідних величин. Для цих значень оцінюють ймовірність відмови P_f залежності від частоти її появи v за формулою:

$$v = \frac{k}{m} \approx P_f, \quad (6)$$

де k – кількість відмов, m – загальна кількість випробувань [13].

Цей метод простий і універсальний, однак передбачає попереднє оцінювання шуканої ймовірності і значну кількість випробувань.

Метод статистичного моделювання (метод Монте-Карло), що нині застосовується найчастіше [5; 11; 13; 34] полягає в ітераційній багаторазовій реалізації стохастичного процесу, який необхідно оцінити. При цьому ймовірнісну задачу формулюють так, щоб її параметри відповідали конкретній розрахунковій

ситуації. Таким чином, якщо розглянути математичне очікування функції несної здатності F_R і відповідну імовірність відмови P_f , отримаємо рівняння:

$$\bar{P}_f = \int_0^{\infty} F_R(x) f_Q(x) dx = \bar{F}_R(Q) \approx \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m F_R(Q_i), \quad (7)$$

де F_i , і f_i , – інтегральна і диференціальна функції розподілу стохастичного параметра, m – кількість його ітераційних реалізацій.

Переваги методу Монте-Карло, порівняно з іншими методами, – це чіткість аналітичного формулювання, значно менший розкид оцінки ймовірності відмови, а також його можливість застосування для розв’язання нелінійних задач. Серед недоліків можна виділити складність розрахункового апарату і необхідність у тому, щоб одна з функцій R і Q була наперед задана. В низці досліджень [13; 24; 27] розроблено методики для спрощення математичного апарату методу статистичного моделювання шляхом зменшення обсягу вибірки при пошуку рішення.

Не можна оминати увагою також метод статистичної лінеаризації, який наразі найчастіше застосовується в прикладних інженерних задачах. Алгоритм оцінювання надійності полягає у розкладанні функції резерву несної здатності в ряд Тейлора в околі центру розподілу випадкових аргументів [11; 12]. Цей центр розподілу фактично являє собою точку математичного сподівання функції несної здатності, тобто найбільш вірогідної її реалізації. Математичний апарат досить простий і базується на введенні у формулу несної здатності замість випадкових величин їх статистичних характеристик, в результаті ж отримують детальну імовірнісну модель роботи конструкції.

Зазначимо також, що метод статичної лінеаризації може застосовуватись для систем, що не є строго лінійними, однак для яких відхилення від лінійного закону складає до 20...25 % [12]. Ця особливість методу і визначає його широке застосування для проектних задач будівельної галузі.

Принцип оцінювання надійності методом статистичної лінеаризації згідно з [11; 12] такий. Якщо прийняти, що система містить у собі n випадкових величин $(X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0)$, для яких відомі їх статистичні характеристики: математичне сподівання m_{xi} , дисперсія D_{xi} , кореляційні моменти K_{xixj} ($i = 1 \dots n$), то робота системи описується нелінійною функцією виду:

$$y = \varphi(X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0). \quad (8)$$

Наступний етап у розв’язанні задачі – пошук статистичних характеристик випадкової величини y : D_y , m_y . Розглянемо ряд Тейлора в околі точки $(m_{x1}, \dots, m_{xn})$ при опущенні членів вище ніж першого порядку й отримаємо вираз:

$$y = \varphi(X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0) \approx \varphi(m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}) + \sum_{i=1}^n \varphi'_{xi}(m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}) \cdot (X_i^0 - m_{xi}) \quad (9)$$

Тоді, за неперевищення допустимих відхилень від лінійної залежності, застосовуємо загальновідомі математичні методи перетворень виразів і отримаємо формули:

$$m_y = \varphi(m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}); \quad (10)$$

$$D_y = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \varphi}{\partial X_i^0} \right)_m^2 \sigma_{xi}^2 + 2 \sum_{i>j} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial X_i^0} \right)_m \left(\frac{\partial \varphi}{\partial X_j^0} \right)_m K_{ij}; \quad (11)$$

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial X_i^0} \right)_m = \varphi'_{xi}(m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}), \quad (12)$$

де $\sigma_i = \sqrt{D_i}$ – величина середнього квадратичного відхилення відповідного параметра.

Згідно з проведенням аналізом можна стверджувати, що прийняття конкретного рішення щодо доцільного методу ймовірнісного моделювання повинне базуватись на конкретній розрахунковій ситуації, ступені інформаційного забезпечення моделі, рівні стохастичності вихідних параметрів. Також важливою рекомендацією бачиться виконання

ймовірнісного оцінювання працездатності будівлі чи споруди як комплексної системи, а не окремих конструктивних елементів. Додатково можна зазначити важливість урахування часового параметра.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведено детальний огляд наявних підходів до оцінювання надійності будівельних конструкцій і порівняльний аналіз найбільш поширених методик для визначення фактичної безвідмовності будівель і споруд.

Додатково проаналізовано основні концепції, покладені в основу сучасних нормативних документів і відповідність їх фактичній картині роботи будівельної конструкції.

На основі проведеного огляду наявних публікацій можна зробити висновок про доцільність модифікації існуючих норм проектування з урахуванням імовірнісної

природи надійності і стохастичних параметрів міцності і навантаження.

Апарат «надійнісного проектування» з встановленням цільових рівнів безвідмовності дозволить отримувати ефективні проектні рішення, сприятиме зниженню матеріаломісткості, впровадженню ресурсо- й енергоефективних технологій.

Перспективними постають задачі експериментального вивчення статистичних характеристик зовнішніх впливів і несної здатності, і оптимізації наявних методик імовірнісного моделювання для отримання універсального аналітичного апарату оцінювання надійності.

На основі викладеного матеріалу можна надати рекомендації щодо подальшого експериментального і теоретичного розвитку означеної теми і впровадження механізмів імовірнісного моделювання для оптимального розв'язання інженерних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бліхарський Я. З., Копійка Н. С. Дослідження пошкоджених залізобетонних елементів, основні методи їх відновлення та підсилення. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Вип. 37. Рівне, 2019. С. 316–322.
2. Болотин В. В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений : монография. Москва : Стройиздат, 1971. 255 с.
3. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Вид. офіц. Київ : Міністерство України, 2018. 33 с. (Державні будівельні норми України).
4. Кінаш Р. І. Методи нормування тимчасових навантажень та оцінювання надійності будівельних конструкцій за умов неповної інформації : дис. д-ра техн. наук. Київ, 2000. 530 с.
5. Куценко В. Н. Основные принципы обеспечения безопасности строительных конструкций. *Металлические конструкции*. Макеевка : Изд-во ДонНАСА, 2009. Т. 15, № 2. С. 147–155.
6. Лантух-Лященко А. И. Развитие идей надежности в строительной отрасли. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. Київ, 2015. № 1. С. 2–8.
7. Лантух-Лященко А. І. Єврокод – новий підхід в проектуванні мостів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2013. Вип. 88. С. 277–288.
8. Лободанов М. М., Вегера П. І., Бліхарський З. Я. Аналіз впливу основних видів дефектів та пошкоджень на несучу здатність залізобетонних елементів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*. Львів, 2018. № 888. С. 93–100.
9. Пичугин С. Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий : монография. Москва : Изд-во АСВ, 2011. 456 с.
10. Пічугін С. Ф. Надійність технічних систем : навч. посіб. Полтава : ПДТУ, 2000. 157 с.
11. Постернак О. М. Дослідження впливу коефіцієнта за призначенням на рівень надійності підсилених згинальних залізобетонних елементів. *Містобудування та територіальне планування*. Київ, 2015. С. 431–439.
12. Пшеничкина В. А., Богомолов А. Н., Чураков А. А. Надежность строительных систем : учеб. пособ. Волгоград : ВолГАСУ, 2010. 40 с.
13. Райзер В. Д. Теория надежности в строительном проектировании : монография. Москва : изд-во АСВ, 1998. 304 с.
14. Ржаницын А. Р. Применение статистических методов в расчетах сооружений на прочность и безопасность. *Строительная механика и расчет сооружений*. Москва, 1952. № 6. С. 22–25.

15. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность : монография. Москва : Стройиздат, 1978. 239 с.
16. Стрелецкий Н. С. Основы статистического учета коэффициента запаса прочности сооружений. Москва: Стройиздат, 1947. 95 с.
17. Хоциалов Н. Ф. Запасы прочности. *Строительная промышленность*. Москва, 1999. № 10. С. 10–15.
18. Яцко Ф. В. Моделювання і прогнозування довговічності залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах : автореф. дис. канд. техн. наук. Київ : Нац. трансп. ун-т, 2015. 20 с.
19. Ang A. H., Cornell C. A. Reliability bases of structural safety and design. *Journal of the Structural Division*. 1974. Iss. 100, № 9. Pp. 1755–1769.
20. Ditlevsen O., Madsen-Chichester H.O. Structural reliability methods : monograph. John & Wiley Sons Ltd, 1996. 384 p.
21. Eurocode EN 1990:2002. Basis of structural design. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2002. 87 p.
22. Faber M. H. Basics of structural reliability. Zürich, Switzerland : ETH Swiss Federal Institute of Technology, 2002. 56 p.
23. Faber M. H. Risk and safety in civil engineering : Lecture Notes. Zürich, Switzerland : ETH Swiss Federal Institute of Technology, 2007. 335 p.
24. Holický M., Retief J. V., Diamantidis D., Viljoen C. On standardization of the reliability basis of structural design. In : *12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, CASP12*. Vancouver, Canada, July 12–15, 2015. 8 p.
25. Holický Milan, Miroslav Sýkora. Reliability Approaches Affecting the Sustainability of Concrete Structures. *Sustainability*. 2021. Iss. 13, № 5. P. 2627.
26. ISO 2394 : 2015. General principles on reliability for structures. ISO/TC 98/SC 2. Reliability of structures. Warszawa, 2015. 111 p.
27. Jitao Y., Liuzhuo C., Jun G., Ren X. Structural durability and concept system of structural reliability. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 304, № . P. 052035.
28. Mahmoodian M. Structural reliability assessment of corroded offshore pipelines. *Australian Journal of Civil Engineering*. 2020. Pp. 1–11.
29. Maier M. Die Sicherheit der Bauwerte und ihre Berechnung nach Granz krafte statt nach zulassigen Spannungen. Berlin : Springer Verlag, 1926. 150 p.
30. Rashki M. Structural reliability reformulation. *Structural Safety*. 2021. Iss. 88. P. 102006.
31. Song J., Kang W. H., Lee Y. J., Chun J. Structural System Reliability : Overview of Theories and Applications to Optimization. *ASCE – ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems. Part A : Civil Engineering*. 2021. Iss. 7, № 2. P. 03121001.
32. Tang Y., Jiang C., Li Y. The reliability analysis of existing RC member under multifactor mechanism influencing. *Journal of disaster prevention and mitigation engineering*. 2005. Vol. 25, № 2. Pp. 135–139.
33. Val D., Bljager F., Yankelevsky D. Reliability evaluation in nonlinear analysis of reinforced concrete structures. *Structural Safety*. 1997. Vol. 19, № 2. Pp. 203–217.
34. Wang C. Structural Reliability and Time – Dependent Reliability. Springer, Cham, Switzerland, 2021. 371 p.

REFERENCES

1. Blikharsky Ya.Z. and Kapiika N.S. *Doslidzhennia poshkodzhennykh zalizobetonnykh elementiv, osnovni metody yikh vidnovlennia ta pidsylennia* [Research work on damaged reinforced concrete elements and their possible strengthening methods]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy* [Resource-saving Materials, Structures, Buildings and Structures]. Rivne, 2019, no. 37, pp. 316–322. (in Ukrainian).
2. Bolotyn V.V. *Prymenenye metodov teoryi veroiatnostei y teoryi nadezhnosti v raschetakh sooruzheni : monohrafiya* [Application of methods of probability theory and theory of reliability in the calculations of structures : monograph]. Moscow : Stroiyzdat Publ., 1971, 255 p. (in Russian).
3. DBN V.1.2-14:2018. *Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud* [General principles for reliability and constructive safety ensuring of buildings and civil engineering works]. Publ. offic. Kyiv : Minregion of Ukraine, 2018, 33 p. (State Building Norms of Ukraine). (in Ukrainian).
4. Kinash R.I. *Metody normuvannia tymchasovykh navantazhen ta otsiniuvannia nadiinosti budivelnykh konstruktsii za umov nepovnoi informatsii : dys. d-ra tekhn. nauk* [Methods of normalization of temporary loads and evaluation of the reliability of building structures in terms of incomplete information : dis. thesis]. Kyiv, 2000, 530 p. (in Ukrainian).
5. Kushchenko V.N. *Osnovnye pryntsypy obespecheniya bezopasnosti stroytelnykh konstruktsiy* [Basic principles for ensuring the safety of building structures]. *Metallycheskiye konstruktsyy* [Metal Structures]. Makeevka : Izd-vo DonNASA, 2009, vol. 15, no. 2, pp. 147–155. (in Russian).

6. Lantukh-Liashchenko A.Y. *Razvitye ydei nadezhnosti v stroitelnoi otrasly* [Development of ideas for reliability in the construction industry]. *Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy* [Industrial Construction and Engineering Structures]. Kyiv, 2015, no. 1, pp. 2–8. (in Russian).
7. Lantukh-Liashchenko A.I. *Ievrokod – novyi pidkhid v proektuvanni mostiv* [Eurocode – a new approach in bridge design]. *Avtomobilni dorohy i dorozhne budivnytstvo* [Roads and road construction]. Kyiv, 2013, iss. 88, pp. 277–288. (in Ukrainian).
8. Lobodanov M.M., Vehera P.I. and Blikharskyi Z.Ya. *Analiz vplyvu osnovnykh vydiv defektiv ta poshkodzen na nesuchu zdarnist zalizobetonnykh elementiv* [Analysis of the influence of the main types of defects and damages on the bearing capacity of reinforced concrete elements]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu Lvivska politehnika. Teoriia i praktyka budivnytstva* [Bulletin of the National University of Lviv Polytechnic. Theory and practice of construction]. Lviv, 2018, no. 888, pp. 93–100. (in Ukrainian).
9. Pychuhyn S.F. *Nadezhnost stalnykh konstruktsyi proyzvodstvennykh zdanyi : monohrafiya* [Reliability of steel structures of industrial buildings : monograph]. Moscow : Izd-vo ASV, 2011, 456 p. (in Russian).
10. Pichuhin S.F. *Nadiinist tekhnichnykh system : navch. posib.* [Reliability of technical systems : textbook]. Poltava : PDTU, 2000, 157 p. (in Ukrainian).
11. Posternak O.M. *Doslidzhennia vplyvu koefitsiienta za pryznachenniam na riven nadiinosti pidsylenykh zghynalnykh zalizobetonnykh elementiv* [Investigation of the influence of the coefficient on purpose on the level of reliability of reinforced bending reinforced concrete elements]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia* [Urban and Territorial Planning]. Kyiv, 2015, pp. 431–439. (in Ukrainian).
12. Pshenyckyna V.A., Bohomolov A.N. and Churakov A. A. *Nadezhnost stroitelnykh system : ucheb. posobyie* [Reliability of building systems : textbook]. Volhohrad : VolhHASU, 2010, 40 p. (in Russian).
13. Raizer V.D. *Teoriia nadezhnosti v stroitelnom proektyrovanny : monohrafiya* [Reliability theory in construction design : monograph]. Moscow : Izd-vo ASV, 1998, 304 p. (in Russian).
14. Rzhanytsyn A.R. *Prymenenye statystycheskykh metodov v raschetakh sooruzhenyi na prochnost y bezopasnost* [Application of statistical methods in strength and safety calculations of structures]. *Stroitelnaia mekhanika y raschet sooruzhenyi* [Structural Mechanics and Design of Structures]. Moscow, 1952, no. 6, pp. 22–25. (in Russian).
15. Rzhanytsyn A.R. *Teoriia rascheta stroitelnykh konstruktsyi na nadezhnost : monohrafiya* [The theory of calculating building structures for reliability : monograph]. Moscow : Stroiyzdat Publ., 1978, 239 p. (in Russian).
16. Streletskyi N.S. *Osnovy statystycheskoho ucheta koeffitsyenta zapasa prochnosti sooruzhenyi* [Fundamentals of statistical estimation for the safety factor of structures]. Moscow : Stroiyzdat Publ., 1947, 95 p. (in Russian).
17. Khotsyalov N.F. *Zapasy prochnosti* [Safety reserves]. *Stroitelnaia promyshlennost* [Building Industry]. Moscow, 1929, no. 10, pp. 10–15. (in Russian).
18. Yatsko F.V. *Modeliuvannia i prohozuvannia dovhovichnosti zalizobetonnykh elementiv transportnykh sporud na avtomobilnykh dorohakh : avtoref. dys. kand. tekhn. nauk* [Modeling and forecasting of durability of reinforced concrete elements of transport constructions on highways : Phd thesis]. Kyiv : Nat. transp. un-t, 2015, 20 p. (in Ukrainian).
19. Ang A.H.S. and Cornell C.A. Reliability bases of structural safety and design. *Journal of the Structural Division*. 1974, iss. 100, no. 9, pp. 1755–1769.
20. Ditlevsen O. and Madsen-Chichester H.O. *Structural reliability methods : Monograph*. John & Wiley Sons Ltd, 1996, 384 p.
21. Eurocode EN 1990:2002. *Basis of structural design*. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2002, 87 p.
22. Faber M.H. *Basics of structural reliability*. Zürich, Switzerland : ETH Swiss Federal Institute of Technology, 2002, 56 p.
23. Faber M. H. *Risk and safety in civil engineering: Lecture Notes*. Zürich, Switzerland : ETH Swiss Federal Institute of Technology, 2007, 335 p.
24. Holický M., Retief J.V., Diamantidis D. and Viljoen C. On standardization of the reliability basis of structural design. In : *12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, CASP12*. Vancouver, Canada, July 12–15, 2015, 8 p.
25. Holický M. and Sýkora M. Reliability Approaches Affecting the Sustainability of Concrete Structures. *Sustainability*. 2021, iss. 13, no. 5, p. 2627.
26. ISO 2394 : 2015. *General principles on reliability for structures*. ISO/TC 98/SC 2. Reliability of structures. Warszawa, 2015, 111 p.
27. Jitao Y., Liuzhuo C., Jun G. and Ren X. Structural durability and concept system of structural reliability. In : *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*. 2019, vol. 304, no. 5, p. 052035.
28. Mahmoodian M. Structural reliability assessment of corroded offshore pipelines. *Australian Journal of Civil Engineering*. 2020, pp. 1–11.
29. Maier M. *Die Sicherheit der Bauwerte und ihre Berechnung nach Granz kraften statt nach zulassigen Spannungen* [The security of the building values and their calculation according to high forces instead of permissible tensions]. Berlin : Springer Verlag, 1926, 150 p. (in German).

30. Rashki M. Structural reliability reformulation. *Structural Safety*. 2021, no. 88, p. 102006.
31. Song J., Kang W.H., Lee Y.J. and Chun J. Structural System Reliability : Overview of Theories and Applications to Optimization. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems. Part A : Civil Engineering*. 2021, iss. 7, no. 2, p. 03121001.
32. Tang Y., Jiang C., Li Y. The reliability analysis of existing RC member under multifactor mechanism influencing. *Journal of disaster prevention and mitigation engineering*. 2005, vol. 25, no. 2, pp. 135–139.
33. Val D., Bljager F. and Yankelevsky D. Reliability evaluation in nonlinear analysis of reinforced concrete structures. *Structural Safety*. 1997, vol. 19, no. 2, pp. 203–217.
34. Wang C. *Structural Reliability and Time-Dependent Reliability*. Springer, Cham, Switzerland, 2021, 371 p.

Надійшла до редакції: 07.06.2021.

УДК: 621.785.4: 620.18: 69.058.2

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.55.767

ФОРМУВАННЯ ПОЛІГОНІЗОВАНОЇ СТРУКТУРИ В ТОВСТОЛИСТОВОМУ ПРОКАТІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У ТРЬОХ НАПРЯМКАХ

БОЛЬШАКОВ В. І.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
ГЕЗЕНЦВЕЙ Ю. І.², *здоб.*

^{1*} Кафедра матеріалознавства і обробки матеріалів, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 47-39-56, e-mail: bolshakov.v.i@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

² Кафедра матеріалознавства і обробки матеріалів, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 611-57-91, e-mail: metkon1951@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1190-5465

Анотація. Постановка проблеми. Необхідно розробити технологічну схему виробництва товстолистого прокату, засновану на створенні стійкої полігонізованої структури аустеніту, яка формується під час гарячої деформації аж до температур верхньої частини міжкритичного інтервалу. Подальше утворення численних зародків доєвтектоїдного фериту не тільки на великокутових, а й на полігональних межах підвищує дисперсність феритних зерен металу, який надходить на чистову прокатку, тому в готових листах формується більш дисперсна феритно-перлітна структура і підвищуються механічні властивості в трьох напрямках. **Мета статті** – підвищення комплексу механічних властивостей товстих листів, виготовлених за технологією контрольованої прокатки. Основними завданнями були збереження полігонізованої структури гарячедеформованого аустеніту і створення умов для її успадкування виділення перед чистовою прокаткою доєвтектоїдного фериту. **Висновок.** Запропоновано технологічну схему гарячої деформації товстолистого прокату, засновану на створенні стійкої полігонізованої структури аустеніту, яка формується за гарячої деформації аж до температур верхньої частини міжкритичного інтервалу. Подальше формування численних зародків доєвтектоїдного фериту не тільки на великокутових, а і на полігональних межах підвищує дисперсність феритних зерен металу, що надходить на чистову прокатку, тому в готових листах формується більш дисперсна кінцева феритна структура і підвищуються механічні властивості. Збільшення числа центрів зародження феритної фази, ініціює утворення її навіть у несприятливих (збагачених марганцем та іншими аустенітстабілізувальними елементами) ліквационних ділянках, в результаті чого знижується феритно-перлітна смугастість, вирівнюється структура і властивості в трьох напрямках, що актуально в разі використання товстолистого прокату в будівельних конструкціях. Пропонована технологічна схема розширює можливості традиційної контрольованої прокатки і може бути названа полігонізаційною контрольованою прокаткою, що дозволяє поряд із рекристалізаційною і нормалізаційною прокатками більш ефективно використовувати механізми успадкування дефектів у процесі термомеханічної обробки. Результати досліджень дозволили рекомендувати товстолистий прокат зі сталі 10Г2ФБЮ до використання в будівництві як матеріалу для виготовлення металевих каркасів висотних споруд і великопрогонових перекриттів.

Ключові слова: структурний стан; низьковуглецеві низьколеговані сталі, полігонізаційна контрольована прокатка, Z-наряж

FORMATION OF POLIHONIZED STRUCTURE IN STEEL PLATES FOR MECHANICAL PROPERTIES IN THREE DIRECTIONS

BOLSHAKOV V.I.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
HEZENTSVEI Yur.I.², *External Cand.*

^{1*} Department of Material Science and Materials Treatment, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 47-39-56, e-mail: bolshakov.v.i@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

² Department of Planning and Organization of Production, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 611-57-91, e-mail: metkon1951@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1190-5465

Abstract. Problem statement. To develop a technological scheme for the production of sheet metal, which is based on the creation of a stable polygonized structure of austenite, which is formed during hot deformation up to the temperatures of the upper part of the intercritical interval. Further formation of numerous pre-eutectoid ferrite nuclei not only at large angles but also at polygonal boundaries increases the dispersion of ferritic grains of the metal entering the rolling, so in the finished sheets a more dispersed ferrite-pearlite structure is formed and mechanical properties increase in three directions. **Purpose of the article** – increasing the complex of mechanical properties of thick sheets made by the technology of controlled rolling. The main tasks were to preserve the polygonized structure of hot-deformed austenite and to create conditions for its inheritance allocated before finishing rolling pre-eutectoid ferrite. **Conclusion.** The technological scheme of hot deformation of thick-sheet rolled metal based on creation of steady polygonized structure of austenite which is formed at hot deformation up to temperatures of the top part of an intercritical interval is offered. Further formation of numerous pre-eutectoid ferrite nuclei not only at large angles but also at polygonal boundaries increases the dispersion of ferritic grains of the metal entering the rolling, so in the finished sheets a more dispersed final ferrite structure is formed and mechanical properties increase. Increasing the number of nucleation centers of the ferrite phase, initiates its formation even in unfavorable (enriched with manganese and other austenitostabilizing elements) liquation areas, resulting in reduced ferritic-pearlitic striation, equalizes the structure and properties in three directions, which is relevant in the case of construction structures. The proposed technology expands the capabilities of traditional controlled rolling and can be called polygonization controlled rolling, which allows along with recrystallization and normalization rolling to more effectively use the mechanisms of inheritance of defects in thermomechanical processing. The results of research allowed to recommend thick-rolled steel 10G2FBYu for use in construction as a material for the manufacture of metal frames of high-rise buildings and long-span floors.

Keywords: structural condition; low-carbon low-alloy steels; polygonization controlled rolling; Z-direction

Постановка проблеми. Один із шляхів використання вітчизняного металопрокату на внутрішньому ринку України – це застосування сталей вітчизняного виробництва у будівельній галузі, насамперед у домо- та мостобудуванні. При цьому вітчизняний металопрокат повинен бути конкурентоздатним порівняно з закордонними аналогами, як за комплексом властивостей, так і за собівартістю готових виробів.

Одна з найважливіших вимог, що висуваються до сучасних будівельних сталей, – підхід до розв’язання наукової задачі, який ґрунтується на забезпеченні механічних властивостей поздовжнього, поперечного та Z-напрямку прокату. Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення механічних властивостей і розширення сфери застосування прокату з низьковуглецевих мікролегованих сталей вітчизняного виробництва для будівельного та мостобудівного призначення актуальні як із наукової, так і з економічної точки зору.

Аналіз публікацій. Наразі найбільш поширена технологія, що дозволяє здійснювати з мінімальними енергетичними затратами на формозміну, необхідну для переходу від сляба до товстого листа з низьковуглецевих сталей з умістом вуглецю

0,10...0,18 % без додавання карбідотворних елементів, – це гаряча прокатка. Такий технологічний процес дозволяє отримати в готовому прокаті порівняно невисокі показники міцності ($\sigma_T = 250...350$ МПа). Однак ці сталі добре зварюються, порівняно дешеві і мають високі пластичні та в’язкі характеристики [1–3].

Технологічний процес будують таким чином, щоб створити в металі можливо більш дисперсну структуру і отримати так звані «структуровані» сталі [4]. Для цього застосовують термомеханічну обробку в технологічному потоці [2; 5], з використанням перетворень бейнітного [3; 6] і мартенситного [7] типів, а також дислокаційне і полігонізаційне зміцнення [8].

Будь-яке зміцнення пов’язане з насиченням металу великою кількістю дефектів, що, у свою чергу, спричинює ускладнення і подорожчання технологічного процесу через збільшення ступеня деформації (частих обтиснень і загального коефіцієнта формозміни). Однак у більшості випадків зміцнення прокату різними способами термомеханічної обробки економічно вигідніше, ніж більш дороге легування [1; 2].

Зокрема, однією з прогресивних технологій постає контрольована прокатка, яка використовує процес подрібнення феритного зерна на кінцевому етапі деформації в міжкритичному інтервалі температур [9].

Мета дослідження – підвищення комплексу механічних властивостей товстих листів, виготовлених за технологією полігонізаційної контрольованої прокатки.

Результати досліджень. Як матеріал для дослідження обрано низьковуглецеву низьколеговану сталь 10Г2ФБЮ. Хімічний склад сталі наведено в таблиці 1.

Низьколегована високоміцна сталь марки 10Г2ФБЮ має у складі легувальні елементи ванадій та ніобій, властиві для вогнестійких марок сталей.

Температурно-деформаційний режим контрольованої прокатки зазвичай створюють у такій послідовності: нагрівання слябів у методичній печі до температур 1 100...1 200 °С; гомогенізувальна витримка близько 4...6 год.; чорнова прокатка із

закінченням деформації за температур 980...1 100 °С охолодження розкатів до температур 720...770 °С; чистова прокатка до необхідної товщини й уповільнене охолодження до кімнатної температури.

Такий процес має відомі плюси [9], однак у нього є деякі недоліки. В першу чергу, це необхідність додаткового легування, що має за рахунок утворення частинок високотемпературних карбонітридів стримувати зростання аустенітного зерна, інакше можуть знизитися показники ударної в'язкості листа [1; 2].

По-друге, на основі встановленого взаємозв'язку між температурно-деформаційними параметрами технологічного процесу й особливостями формування структур полігонізації і рекристалізації в аустеніті і фериті в товстолистовому металопрокаті стало можливим повніше використовувати ресурси контрольованої прокатки [10].

Таблиця 1

Хімічний склад сталі 10Г2ФБЮ

Нормативні вимоги	Масова частка елементів, %										
	C	Mn	Si	S	p	Cr	Ni	Cu	V	Nb	Ti
до сталі 10Г1ФБЮ за ГОСТ 19281-2014	0,09	1,64	0,55	0,004	0,009	0,03	0,05	0,03	0,05	0,05	0,020
	0,08... 0,13	1,60... 1,80	0,15... 0,35	0,035	0,030	0,30	0,30	0,30	0,05... 0,12	0,02... 0,06	0,010... 0,035

По-третє, цей процес придатний, в основному, для виробництва листів товщиною не більше 20 мм, оскільки зі збільшенням товщини готової продукції властивості міцності й ударна в'язкість знижуються через зменшення сумарної фізичної деформації [1; 2; 6].

Щоб компенсувати небажаний вплив зниження ступеня деформації, відповідальної за створення дрібного зерна і високої ударної в'язкості в готовому прокаті, пропонується підвищити дисперсність і стійкість полігонізованої структури, що формується до моменту закінчення гарячої деформації аустеніту. Для цього необхідно так побудувати технологічний процес, щоб полігональні межі, які утворюються за високотемпературної деформації аустеніту,

могли служити додатковими центрами зародження кристалів α -фериту. Основна складність при цьому полягає в попередженні рекристалізації і збереженні полігональної структури аж до початку $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення.

Для цього слід розробити технологічні схеми контрольованої прокатки товстого листа, які застосовні для подальшого вдосконалення існуючої технології виробництва металопрокату з урахуванням збільшення товщини листа, стабілізації і підвищення механічних і експлуатаційних властивостей. Однак експлуатація такого листа в конструкціях висотних будівель або великопрогонових споруд, де реалізуються схеми навантаження більш складні, ніж у нафтопровідних трубах, неможлива через

високу анізотропію механічних властивостей. Отже, необхідно розробити такі режими прокатки, щоб міцнісні та експлуатаційні показники забезпечувалися не тільки уздовж і поперек, а й по товщині прокату (в Z-напрямку).

На основі аналізу проведених теоретичних і практичних досліджень [11] показано, що робити корекцію температурно-деформаційних режимів прокатки необхідно ще на стадії попередньої гарячої деформації в чорновій кліті.

Для цього був розроблений експериментальний режим прокатки сталі 10Г2ФБЮ зі збільшеною кількістю циклів деформації і чорнової кліті і скороченням часу перебування на обвідному рольгангу. Корекцію температурно-деформаційних режимів контрольованої прокатки здійснювали так, щоб у товстолистовому прокаті створити насичений субзеренними межами аустеніт, при цьому стримати процеси рекристалізації до початку $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення. Така структура може забезпечувати підвищення і стабілізацію механічних і експлуатаційних властивостей.

Аналіз мікроструктури отриманого прокату показав, що в міру збільшення кількості циклів деформації розміри зерен і субзерен фериту, а також перлітна смугастість у готових листах зменшуються. Результати механічних випробувань показують, що за збільшення числа циклів деформації в чорновій кліті на 6 межа плинності підвищується на 40...50 МПа зі збереженням високих значень відносного видовження (табл. 2).

У зв'язку із застосуванням збільшеного числа циклів виникла необхідність скоротити тривалість подальшого перебування розкату на обвідному рольгангу перед чистою прокаткою. Це необхідно, з одного боку, для збереження продуктивності стану, з іншого – для більш повного збереження полігонізованої структури аустеніту до початку $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення.

Проведені серії експериментів підтверджують позитивний вплив

скорочення часу перебування металу на обвідному рольгангу за рахунок підвищення швидкості охолодження підкату до температур початку чистої прокатки. Скорочення паузи між деформацією в чорновій і чистовій клітях знижує ймовірність перебігу рекристалізаційних процесів у полігонізованій структурі фериту перед деформацією в чистовій кліті.

Під час подальшого деформування в чистовій кліті метал набуває більш подрібненої кінцевої феритно-перлітної структури, яка забезпечує в готовому прокаті необхідний комплекс механічних властивостей у трьох напрямках.

З експериментального режиму були прокатані сляби зі сталі 10Г2ФБЮ, при цьому в чорновій кліті прокатного стану число циклів деформації було збільшено на 6 зі збереженням сумарної деформації незмінною. Температура кінця деформації слябів у чорновій кліті склала в середньому 920 °С, тобто знизилася на 50...70 °С порівняно зі штатною технологією, час перебування на обвідному рольгангу склав 5 хв 40 с порівняно з 8 хв за штатною технологією. Мікроструктура листів із сталі 10Г2ФБЮ, виготовлених за скоригованим режимом, характеризується дисперсністю і зменшенням перлітної смугастості (рис.), що позитивно впливає на механічні властивості прокату, в тому числі по товщині листа.

Механічні випробування показали, що листи, прокатані в експериментальному режимі, мають показники міцності вищі, ніж виготовлені за штатною технологією, зі збереженням високого рівня пластичності (табл. 2). Необхідно відзначити позитивний вплив застосування режимів із підвищеною дробністю деформації в чорновій кліті на підвищення міцності по товщині листа.

Порівняльний аналіз структури і механічних властивостей листів, виготовлених із штатної і запропонованої технологій, показав перспективність напрямку досліджень і дозволив виявити переважний вплив параметрів прокатки товстого листа в чорновій кліті порівняно з чистою.

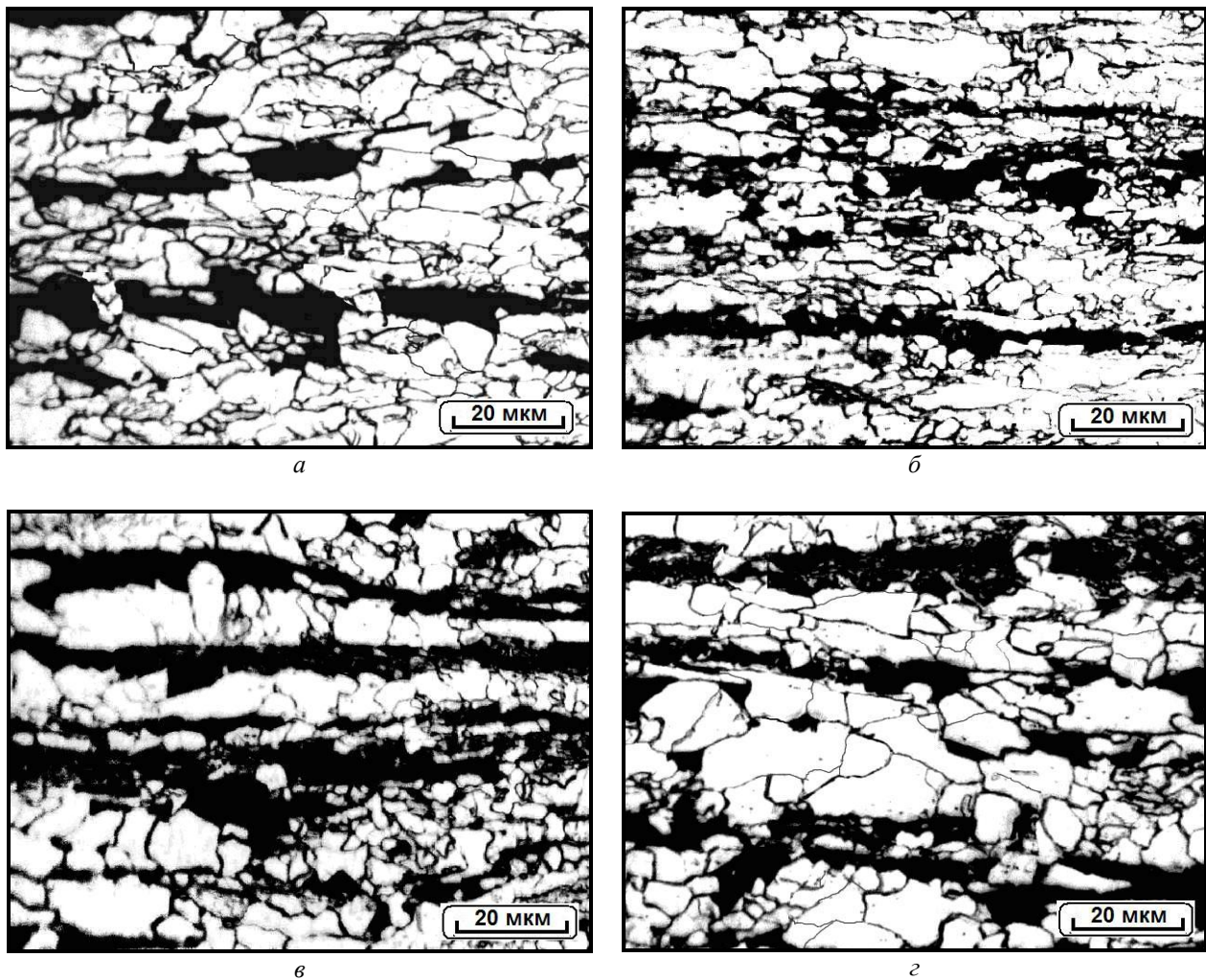


Рис. Мікроструктура товстолистого прокату зі сталі 10Г2ФБЮ:
а, б – поверхня; в, г – середина; а, в – штатна технологія; б, г – запропонована

Таблиця 2

Результати механічних випробувань листів, прокатаних штатним та експериментальним режимами

Температура кінця прокатки в чорновій кліті, °C	Кількість додаткових циклів деформації	Напрямок досліджень					
		уздовж		упоперек		Z-напрямок	
		σ_T , МПа	δ_2 %, %	σ_T , МПа	δ_2 %, %	σ_T , МПа	δ_2 %, %
980	–	525	36	480	34	220	–
920	+6	575	35	550	34	430	–

Отримані результати набувають особливо важливого значення в умовах розроблення технологій прокатки більш товстого листа, де найбільші деформації (обтиску) припадають саме на стани чорнової групи. Вплив поверхневого охолодження в паузі між чорною і чистовою клітками на структуру і властивості листів із сталі 10Г2ФБЮ вивчали на

прокатаних за уточненим температурно-деформаційним режимом слябах.

Експериментальні прокатки в заводських умовах здійснювали за такими режимами: перший сляб катали за штатною технологією, без проміжного охолодження між клітками (порівняльний гуркіт). Другий, третій і четвертий сляби після чорнової прокатки охолоджували по всій довжині протягом 90, 60 і 30 с відповідно.

Мікроструктурні дослідження прокату після різних варіантів охолодження показали, що підходолювання гуркату після чорнової кліті подрібнює зерно фериту в поверхневих шарах готових листів.

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновки, що міцність і пластичні показники поздовжнього і поперечного напрямків прокатки залишилися практично на колишньому рівні (спостерігається невелике підвищення властивостей – в межах 10 %). Однак така корекція режиму сприятливо позначається на підвищенні міцності властивостей по товщині листа. Таким чином, з уведенням в дію більш потужних форсунок охолоджувальних пристроїв можна очікувати підвищення комплексу механічних властивостей товстолистого прокату зі сталі 10Г2ФБЮ.

Висновки

1. Запропоновано технологічну схему гарячої деформації товстолистого прокату, засновану на створенні стійкої полігонізованої структури аустеніту, яка формується за гарячої деформації аж до температур верхньої частини міжкритичного інтервалу. Подальше формування численних зародків доєвтектоїдного фериту не тільки на великокутових, а й на полігональних межах підвищує дисперсність феритних зерен металу, що надходить на чистову прокатку, тому в готових листах формується більш дисперсна кінцева феритна структура і підвищуються механічні властивості.

2. Збільшення числа центрів зародження феритної фази ініціює утворення її навіть на

несприятливих (збагачених марганцем та іншими аустенітстабілізуючими елементами) ліквацийних ділянках, в результаті чого знижується феритно-перлітна смугастість, вирівнюються структура і властивості в трьох напрямках, що актуально в разі використання товстолистого прокату в будівельних конструкціях.

3. Пропонована технологія розширює можливості традиційної контрольованої прокатки і може бути названа полігонізаційною контрольованою прокаткою, що дозволяє поряд із рекристалізаційною і нормалізаційною прокатками більш ефективно використовувати механізми успадкування дефектів за термомеханічної обробки.

4. Запропонована технологічна схема прокатки товстих листів може бути реалізована без капітальних витрат на наявному обладнанні металургійних комбінатів України.

5. Запропонована технологічна схема прокатки товстого листа сприяє підвищенню та стабілізації пластичності і в'язкості за низьких температур, і знижує відсоток відсортювання товстого листа за механічними властивостями.

6. Результати досліджень дозволили рекомендувати товстолистий прокат зі сталі 10Г2ФБЮ до використання в будівництві як матеріалу для виготовлення металевих каркасів висотних споруд і великопрогонових перекриттів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Большаков В. И., Сухомлин Г. Д., Лаухин Д. В. и др. Влияние длительности аустенитизации и деформации на структуру и свойства малоуглеродистых сталей 09Г2С и 10Г2ФБ. *Theoretical Foundation of Civil Engineering : Polish-Ukrainian Transactions*. Warsaw, 2005. Vol. 13. Pp. 83–88.
2. Бернштейн М. Л. Структура деформированных металлов. Москва : Металлургия, 1977. 432 с.
3. Гріднев В. И., Гаврилюк В. Г., Мешков Ю. Я. Прочность и пластичность холоднодеформированной стали. Киев : Наукова думка, 1974. 231 с.
4. Yokota T., Garica-Mateo C., Bhadeshia H. K. D. H. Formation of nanostructured steel by phase transformation. *Scripta Materialia*. 2004. Vol. 51. Pp. 767–770.
5. Bolshakov V.I. Thermomechanical treatment of construction steels. 3-d edition. Canada : Basilian Press, 1998. 316 p.
6. Langford G., Cohen M. Subgrains strengthening of materials. *Trans. ASM*. 1969. Vol. 62. Pp. 823–835.

7. Sadahiro Yamamoto, Hiroyasu Yokoyama, Katsumi Yamada and Masakazu Niikura. Effects of the austenite grain size and deformation in the unrecrystallized austenite region on bainite transformation. *Behavior and Microstructure. ISIJ Int.* 1995. Vol. 35, № 8. Pp. 1020–1026.
8. Kurdumov G.V., Sachs G. Über das Mechanismus den Stahlhartung. *Zeit. Phys.* 1930. Vol. 64. Pp. 325–329.
9. Сухомлин Г. Д., Большаков В. И. Специальные границы зерен в металлах и сплавах промышленной чистоты. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 10. 2000. С. 140–147.
10. Большаков В. И., Сухомлин Г. Д., Лаухин Д. В. и др. Получение высокой прочности низкоуглеродистой микролегированной стали путем создания в ее структуре наноразмерных продуктов распада аустенита. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2013. № 2 (57). С. 5–13.
11. Большаков В. И., Сухомлин Г. Д., Лаухин Д. В. и др. Влияние дробности деформации в черновой клети и снижение содержания углерода в сталях, микролегированных ниобием и ванадием, на формирование структуры и комплекса свойств проката. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2013. Вып. 67. С. 295–302.

REFERENCES

1. Bolshakov V.I., Sukhomlyn G.D., Laukhin D.V. and oth. *Vliyanie dlitel'nosti austenitizacii i deformacii na strukturu i svoystva malouglerodistykh stalej 09G2S i 10G2FB* [Influence of the duration of austenitization and deformation on the structure and properties of low-carbon steels 09G2S and 10G2FB]. *Theoretical Foundation of Civil Engineering : Polish-Ukrainian Transactions*. Warsaw, 2005, vol. 13, pp. 83–88. (in Russian).
2. Bernshteyn M.L. *Struktura deformirovannykh metallov* [The structure of deformed metals]. Moscow : Metallurhiya Publ., 1977, 432 p. (in Russian).
3. Hrydnev V.I., Havrylyuk V.H. and Myeshkov Yu.Ya. *Prochnost' i plastychnist' kholodnodsfornirovannoy staly* [Strength and ductility of cold formed steel]. Kyiv : Naukova Dumka Publ., 1974, 231 p. (in Russian).
4. Yokota T., Garica-Mateo C. and Bhadeshia H. K. D. H. Formation of nanostructured steel by phase transformation. *Scripta Materialia*, 2004, vol. 51, pp. 767–770.
5. Bolshakov V.I. Thermomechanical treatment of construction steels; 3-d edition. Basilian Press, Canada, 1998, 316 p.
6. Langford G. and Cohen M. Subgrains strengthening of materials. *Trans. ASM*, 1969, vol. 62, pp. 823–835.
7. Sadahiro Yamamoto, Hiroyasu Yokoyama, Katsumi Yamada and Masakazu Niikura. Effects of the austenite grain size and deformation in the unrecrystallized austenite region on bainite transformation. *Behavior and Microstructure. ISIJ Int.*, 1995, vol. 35, no. 8, pp. 1020–1026.
1. Kurdumov G.V. and Sachs G. Über das Mechanismus den Stahlhartung. *Zeit. Phys.*, 1930, vol. 64, pp. 325–329.
9. Sukhomlyn G.D. and Bol'shakov V.I. *Special'nye granicy zeren v metallah i splavah promyshlennoj chistoty* [Special grain boundaries in industrial grade metals and alloys]. *Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannya* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Vol. 10, 2000, pp. 140–147. (in Russian).
10. Bolshakov V.I., Sukhomlyn H.D., Laukhin D.V. and oth. *Poluchenie vysokoj prochnosti nizkouglerodistoy mikrolegirovannoy stali putem sozdaniya v ee strukture nanorazmernih produktov raspada austenita* [Obtaining high strength of low-carbon microalloyed steel by creating nanoscale products of austenite decomposition in its structure]. *Metaloznnavstvo ta termichna obrobka metaliv* [Metal Science and Heat Treatment of Metals]. 2013, no. 2 (57), pp. 5–13. (in Russian).
11. Bolshakov V.I., Sukhomlyn G.D., Laukhin D.V. and oth. *Vliyanie drobnosti deformacii v chernovoj kleti i snizhenie soderzhaniya ugleroda v stalyah, mikrolegirovannykh niobiem i vanadiem, na formirovanie struktury i kompleksa svoystv prokata* [Influence of the fractional deformation in the roughing stand and a decrease in the carbon content in steels microalloyed with niobium and vanadium on the formation of the structure and complex of properties of rolled products]. *Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannya* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. 2013, vol. 67, pp. 295–302. (in Russian).

Надійшла до редакції : 03.06.2021.

УДК 711,4:502.11:574

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.62.768

ЕКОЛОГІЗОВАНЕ МІСТО ТА ЕКОЛОГІЧНЕ МІСТО: ПОДІБНОСТІ ТА ВІДМІННОСТІ

ВОРОБІЙОВ В. В.^{1*}, канд. арх., доц.,
ШИЛО О. С.², ст. виклад.

^{1*} Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Анотація. Постановка проблеми. Екополісність як явище розвитку світової культури і технологій все більше актуалізується на континентах планети. Окремі країни готуються конституційно закріпити на своїх територіях курс на створення екологічного суспільства. Екологічні міста почали будувати всюди. Україна не може залишатися осторонь цього процесу. Однак смислові трактування суті екологічного та екологізованого міста по країнах планети різні. В Україні й у світі не склалося чітких уявлень про «екологізоване місто» й «екологічне місто» як про явища, що спираються на принципово різні, діаметрально протилежні парадигми містобудування, якщо подивитися на них із позиції структурної взаємодії з природними екосистемами. **Мета статті** – розкрити подібності та відмінності між поняттями «екологізоване місто» та «екологічне місто (екополіс)» на сучасному етапі розвитку історії. **Висновок.** У зв'язку з тим, що регіональні та національні програми сталого розвитку територій, згідно з рішеннями самітів ООН з цієї тематики, а також іншими міжнародними документами, повинні реалізовуватися повсюдно, включаючи Україну, теорія екологізації сформованих міст і створення нових екологічних міст, прямуючи з матриць взаємодії циклічно (оборотно) і еволюційно (необоротно) трансформованих екологічних сіл як матеріальних просторів життя суспільства з екологічним світоглядом і мисленням, стає актуальною. Це зумовлює необхідність створення тезауруса, в якому смислове наповнення кожного терміна, поняття і визначення трактується однозначно і розуміються всіма однаково, утворюючи правильну лексичну корпоративну комунікацію в науковій і проектній екомістобудівній сфері.

Ключові слова: екологізоване місто; екологічне місто; екосистема; екотоп; біоценоз; біогеоценоз; принципи взаємодії генплану міста з біогеоценозом

ECOLOGIZED CITY VS ECOCITY: SIMILARITIES AND DIFFERENCES

VOROBIOV V.V.^{1*}, Cand. Sc. (Arch.), Assoc. Prof.,
SHYLO O.S.², Assit. Prof.

^{1*} Department of Architectural Design and Urban Planning, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Department of Architectural Design and Urban Planning, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Abstract. Formulation of the problem. The concept and practice of eco-cities as a phenomenon of integrated advanced technology, green structures, ecological and cultural diversity have gained global significance and become increasingly mainstream in policy-making. Some countries are aiming to elevate their aspiration towards creating an ecological society to constitutional rank. Ukraine cannot stay away from this trend. However, semantic interpretations of the essence of an ecological and ecologized city differ from country to country. At present, neither in Ukraine nor in the world in general, there has been formed a clear vision of the “ecologized city” and “eco-city” as phenomena based on fundamentally different, even diametrically opposite paradigms of urban planning if they are considered from the perspective of structural interaction with natural ecosystems. **The purpose of the article** is to reveal the similarities and differences between the concepts of “ecologized city” and “eco-city (ecopolis)” at the current stage of historical development. **Conclusion.** According to the outcomes of UN summits on this issue, as well as other international

documents, regional and national programs for sustainable development of territories should be implemented everywhere, including Ukraine. Therefore, the theory of ecologizing the existing cities and developing new eco-cities as physical spaces of the life of society with an ecological worldview and thinking, as a result of the interaction matrix of cyclically (reversibly) and evolutionary (irreversibly) transforming ecological villages, becomes relevant. This predetermines the need to create a thesaurus with the semantic content of each term, concept and definition to be interpreted unambiguously and precisely so that they are understood by everyone in the same way, forming the correct lexical corporate communication in the scientific and design sphere of eco-city planning.

Keywords: *ecologized city; eco city; ecosystem; ecotope; biocenosis; biogeocenosis; principles of interaction of the general plan of the city with the biogeocenosis*

Постановка проблеми. Нові реалії в людській цивілізації – досягнення у сфері науково-технічного прогресу, зміни в природі, глобалізація і диджиталізація укладів життя, перехід на єдині міжнародні системи вимог до якості міського середовища [31; 37], які створили нові ризики подальшого перетворення планети на антропогенний світ, що демонтує природну основу буття, викликали потребу в переосмисленні уявлень людей про себе і про навколишнє середовище, бажання повернути себе в об'єктивну взаємодію з природою, а не поглиблювати з нею антагонізм.

Щоб вивчити шляхи такої взаємодії, в тому числі і через переосмислення суті містобудування, – головного матеріального антропогенного засобу трансформації екосистем на всіх масштабних рівнях їх організації, необхідно повернутися до розгляду суті екосистеми як багатовимірної матриці, в осередках якої розігруються всі видимі і невидимі природні й антропогенні процеси. Потрібно побачити її містобудівні аспекти з позиції внутрішньої структурної організації [40; 41], з позиції змін за впливу нових циклів екзогенних і ендегенних процесів.

Потрібно визначити, як за впливу нових космопланетарних процесів екосистеми, які перебудовуються, здатні реагувати на нові парадигми життя людей у своєму просторі. У тому числі – через «екологізоване місто» й «екологічне місто», кожне з яких демонструє своє трактування повернення до природи. На сучасному етапі історії поняття «екополіс» (екологічне місто) дуже відрізняється від поняття «екологічне (екологізоване) місто» [36].

В ідеалі екополіс може проектуватися і будуватися тільки на новому місці зі збереженою природною екосистемою. Він передбачає тотальне вписування антропогенних структур у сіткоподібні матриці обмінних процесів у збережених природних (зональних) екосистемах. У той час як екологізація міст, які пройшли довгий шлях створення антропогенних екосистем азонального типу, що існують на основі штучної підтримки з боку людини, це не зможе зробити за визначенням.

У разі припинення підтримки антропогенні екосистеми депресують, поступаючись місцем зональним екосистемам, які повертаються на їхнє місце, що живуть за законами природних просторово-часових космопланетарних циклів [14]. Азональні екосистеми цих циклів не підпорядковані. Ігнорування цього факту спричинює те, що екополісами починають оголошувати великі міста, в яких природний, а не антропогенний, механізм функціонування екосистем, як і вони самі, давно не існують.

Це означає, що повинна бути створена система уявлень про ступінь взаємодії містобудівних структур зі структурами екосистем як для «екологізованого міста», так і для «екологічного міста», який наразі теж не можна вважати повною мірою екологічним, оскільки він не реагує на зв'язеві матриці екосистем, руйнуючи їх так само, як це роблять колишні міста. Іншими словами, потрібно уточнити, що ж слід вважати екологізованим містом, а що – екологічним, незважаючи на те, що за обома типами міст вже є різні національні та міжнародні документи.

Аналіз публікацій з даної проблематики дозволяє стверджувати, що

існують методичні прогалини в знаннях про екологізацію та екологічність міст, проблеми в тезаурусі з цієї тематики [5; 9; 10; 30].

Мета статті – заповнити ці прогалини, вказати на відмінності і подібності між поняттями «екологізоване місто» і «екологічне місто», показати міру відходу обох від поняття «екосистема», ввести корекції в розуміння суті таких міст і дати уявлення про шляхи їх повернення в структуру екосистеми.

Результати досліджень. На Міжнародному саміті з екоміст (Ecosity World Summit), що відбувся в Сан-Франциско (Каліфорнія) в 2008 р., були визначені умови, за яких місто слід визнати екологічним (екологізованим). До списку умов включено:

а) екологічна безпека – забезпечення всіх жителів надійним водопостачанням, чистим повітрям, безпечним здоровим житлом і робочими місцями;

б) екологічна санітарія – застосування ефективних, рентабельних екотехнологій для переробки та утилізації всіх видів утворених у місті відходів і «сірої води»;

в) екологічна промисловість – раціональне використання та економія ресурсів, використання відновлюваних джерел енергії, екологізація всіх етапів життєвого циклу продукції, включаючи транспортування;

г) цілісний еколандшафт – організація міського середовища (будови, вулиці, площі, парки і т. д.) (пункт «г» підноситься в цьому питанні без урахування природних особливостей внутрішньої топології ландшафту – прим. авторів); збільшення біорізноманіття міських екосистем до рівня, що приводить їх до зонального механізму життєдіяльності (хоча і не вказується, як це зробити містобудівними засобами – прим. авторів); рішення таких проблем, як забруднення повітря, погіршення гідрологічного режиму, ефект «острівного тепла»; максимальна доступність різних районів міста для всіх громадян, безпека для пішоходів, ефективна система громадського транспорту;

д) екологічна інформованість – допомога в усвідомленні відповідальності за навколишнє середовище, в зміні своєї поведінки і культури споживання, заохочення ініціатив у підтримці високої якості міських екосистем.

Таким чином, екологізоване місто – це місто, спроектоване з урахуванням впливу міського поселення на навколишнє середовище, але, і в цьому проблема, – без повномасштабного, абсолютного, рішення питань природного планового антропогенно-навантажувального вписування в ієрархічно структуровані майданні осередки динаміко-еволюційних просторово-часових матриць кругообігу речовини, енергії, інформації, імпульсу і цілепокладання, властивих природним, зональним екосистемам. Тобто без рішення питань перетворення міста на симбіотичний елемент регіональних геобіоекоценозів. У той час як в екополісі це повинно бути головним, це теж поки не береться до уваги, що створює прецедент перетворення на синоніми двох принципово різних понять і процесів – «екологізоване місто» й «екологічне місто» (екополіс).

Жителі екологізованого міста, як випливає з вищенаведених визначень, прагнуть раціонально використовувати електроенергію, воду і продукти харчування; виключити нерозумні втрати тепла, що створюють просторові теплові «шапки» міста, забруднення повітря, води і ґрунту. Для такого міста характерні близькі до природних (але не завжди адекватні їм) зорові, звукові, смакові, нюхові і тактильні поля, а також відчуття рівноваги і положення в просторі (вестибулярний апарат), сприятливі для його жителів.

Екологізоване місто в сучасному трактуванні цього поняття не стільки екологічне, скільки високотехнократичне. Воно створюється як високотехнологічна машина з ознаками штучних, антропогенних систем, не здатних до самостійного існування. Воно спирається на принципи суспільства споживання, як і місто попереднього етапу розвитку, які входять у протиріччя із законами функціонування

природних (об'єктивних) екосистем. І житель такого міста – людина – будучи частиною природної екосистеми, насправді в екологізованому місті ще більше відривається від неї.

Якщо в екополісі пропонується тотальний відхід від протиріч між людиною та об'єктивними екосистемами, в екологізованому місті протиріччя не тільки зберігаються, а й народжують принципово нові проблеми, зумовлені відходом деяких колишніх і появою низки нових технологій. Вирішення цих проблем у повному обсязі не можливе, а в ряді випадків не піддається реалізації взагалі. Конкретика цих процесів залежить від величини міста, у зв'язку з чим набуває адекватних їй форм.

Володіючи деякою мірою пластичності (сприйнятливості до невеликих антропогенних вторгнень без початку розпаду власної структури), тобто не відразу гинучи під натиском діяльності людей, що перевищує її адаптивні ресурси, вона ще може якийсь час існувати, повільно руйнуючись. Конкретні терміни включення необоротних явищ в руйнованій природі залежать від масштабного рівня і структурних властивостей екосистем, що функціонують у тій чи іншій комбінаториці астропланетарних циклів обмінних процесів на планеті.

Повномасштабний екологічний підхід до міста, на відміну від екологізації міста – це підхід, заснований на принципах цілісності, координації та оптимальності у відносинах між сторонами (наприклад, людини і технізованого світу), коли створюються максимально сприятливі можливості розвитку, реалізації внутрішнього потенціалу кожної зі сторін, здійснюється свідомий і активний пошук узгодженого співіснування між сторонами.

Така координація розуміється як існування не за принципом підпорядкування (головний – другорядний), а за принципом життя на рівних, що являє собою форму нового симбіозу – біогеоантропонного. Екологізоване місто з часом повинно бути трансформоване в екологічне місто на основі повернення в нього природних

екосистем, які в поточному астропланетарному циклі починають істотно видозмінюватися у зв'язку з тимчасовим підвищенням температури на планеті і у зв'язку з новими космічними факторами, викликаними входженням Сонячної системи в нові галузі космічних випромінювань, входженням в новий галактичний сектор в ході свого руху в просторі галактичного рукава Оріона – Лебедя.

Випромінювання впливають на біоту нашої планети, піднімаючи її на більш високий енергетичний рівень. Усе разом узятє створює підвищення частотного діапазону фізичного світу і людини в ньому і вимагає розроблення нових адекватних моделей екологізації міст.

Екологізоване місто повинне бути середовищем підготовки свідомості людини до переходу в екологічне місто, головна властивість якого – це подолання кризи між першою – природною, геоцентричною, космоцентричною і другою – антропогенною або антропоцентричною природою.

Наразі люди втратили справжнє багатовимірне (але не тривимірне) розуміння ролі природи у своєму житті, і інверсіювали поняття про неї. Наприклад, термін «дика природа» багатьма сприймається як щось, що протистоїть людям, і навіть хаотичне і вороже. Проте це слово йде в стародавні поняття на основі слова «Дика» – так називали колись богиню гармонії та єдності людини з природою, їх симбіозу. Дика природа була ідеальним середовищем для людини яка абсолютно правильно живе з нею, яка будувала абсолютно правильні, тобто «дикі» – поселення.

Мова не йде про первісні общини, які блукали «зграями» по лісах, а про ті високорозвинені стародавні ведичні культури, де такий зв'язок був верховенством. Про це свідчить безліч артефактів минулого, технології виготовлення яких, засновані на досить глибоких знаннях про природу, поки не доступні навіть сучасній науці. Відійшовши від природи, люди стали називати її

«дикою», залишившись без водійства її циклів [10; 18].

У гносеологічному сенсі в сучасній цілісності долаються межі розуміння відносин людини і світу як протилежностей. Долається дуальність світу. Світ і людина за такого підходу апіорі повинні розглядатися як частина і ціле, які утворюють Єдність. Еволюціонувати вони можуть тільки спільно, і тільки в одному напрямку. З точки зору екологічного підходу, відносини «людина – світ (частина і ціле)» не можуть будуватися на основі принципів власної переваги одного або іншого, підпорядкування логіки розвитку цілого абсолютизованій в її значенні логіці розвитку частини, у той час як у сучасних містах, суспільствах споживання, саме ця перевага і культивується.

Екологічні та супутні проблеми міст можна вирішити лише знищенням самих міст у сучасному їх розумінні. Як варіант – знищенням різниці між містом і селом. На основі чого? Є техногенне і нетехногенне рішення цієї теми. За техногенного підходу багато спирається на загальну смарт-роботизацію праці там, де мова йде про рутинне виробництво і перехід на високоінтелектуальну креативну і духовну працю з її високою продуктивністю [6; 25], яку можна створити шляхом входження у когерентні (резонансні) зв'язки з екосистемами. Шляхом переходу на «споріднену працю», як назвав це у свій час Григорій Сковорода. У тому числі – і на основі біоти-орієнтованого (ресурсо-симбіоімплантованого, сейстенового) розміщення виробничих сил. Однак це неможливо в рамках сучасного капіталістичного способу виробництва, де вирішальним фактором постає не суспільна потреба, а прибуток. Тому екологізація міст невіддільна від понять «зелена економіка», а також її подальшої стадії – «синьої економіки», які справді змінюють пріоритети у відносинах між людиною і екологією.

У процесі реалізації «зеленої економіки» і виникли екологічні та екологізовані міста. Вони – технологія реалізації цієї ідеї.

Головним механізмом формування екополісу стає його проектування на основі показників відповідності функціонально-планувальної структури міста як антропогенного навантаження адаптивним ресурсам просторового осередку екосистем у межах його повного морфологічного, функціонального і динаміко-еволюційного збереження в процесі симбіотичного прийняття антропогенного імплантанта (нової містобудівної структури).

Екополісність і екологізація міст повинні розумітися як різні явища і процеси, кожен з яких спирається на принципово різні підходи до матеріально-просторової структури містобудівних об'єктів, на різні їх моделі.

Будь-яке екологізоване місто – структура, що виникла історично давно. До моменту розроблення проекту екологізації вона володіє великою площею і чисельністю населення і відіграє певну роль у регіональній мережі населених місць, будучи центром агломерації або навіть конурбації (агломерації агломерацій). Не кажучи вже про придбання статусу мегаполіса, світового міста, мегалополіса або інших – за міжнародною класифікацією міст. І з цієї точки зору правильний екополіс міг би насправді називатися «дикаполісом».

Це потрібно враховувати і в екологізації міст, які опинилися в зоні його планувального впливу. Враховувати через специфіку розподілу показників деградації природних екосистем на його території. Тип порушеності і коефіцієнт адаптивності осередків екосистем визначить програму архітектурно-містобудівних заходів щодо екологізації відповідних ділянок міста.

Залежно від величини, екологізоване місто в контексті місця і ролі в мережі населених місць регіону може мати статус мегаполіса.

Екологізація міст – аспект сталого розвитку регіонів. Четвертий принцип Декларації Ріо-де-Жанейро з навколишнього середовища і розвитку (прийнята Конференцією ООН із навколишнього середовища і розвитку, Ріо-де-Жанейро, 3–14 червня 1992 р.) [31] свідчить: «Для

досягнення сталого розвитку захист навколишнього середовища повинен складати невід'ємну частину процесу розвитку і не може розглядатися у відриві від нього».

Сформувати справжній сталий розвиток шляхом досягнення рівноваги між економічною, екологічною та соціальною сферами життя можливо тільки в нових містах, які спочатку наділяються відповідними технологічними якостями. У їх числі – оптимізація використання ресурсів [33], мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище і підвищення якості надання міських послуг. Комплексна довгострокова програма сталого розвитку регіону – основа екологізації містобудівних об'єктів.

Будь-яка комплексна довгострокова програма сталого розвитку регіону повинна спиратися на розрахунки у сфері «зеленої» та «синьої» економіки [13; 17; 20].

Комплексна програма повинна бути пов'язана з п'ятим і шостим технологічним укладом життя [13; 17; 20]. З економіки випливає базисна основа економіки країни і регіонів на основі новітніх, наукомістких галузей промисловості і сфери послуг, що розміщуються в екологізованому місті.

Усі заходи щодо екологізації раніше сформованих містобудівних структур – це заходи не зі створення екологічного міста, а з екореконструкції вже існуючого, в тому числі – зі створення «замісного» середовища і з екореставрації середовища із застосуванням екологічних та негентропійних технологій, з урахуванням інвайронментального простору (інвайроментальної парадигми), обґрунтованого екологічного сліду, рівного доступу до ресурсів, збереження і підтримання біорізноманіття, властивого даному просторово-тимчасовому виду екосистем, з адекватними співвідношеннями між перетвореними і природними територіями, з відновленням колишніх і створенням нових екокоридорів по смугах прийому, переробки і передачі речовини, енергії, інформації та імпульсу; із застосуванням екологічного зонування

територій і скороченням усіх видів забруднень.

Екореставрація порушених міських природних і антропогенних ландшафтів передбачає неовідновлення всіх сфер – літосфери, атмосфери, гідросфери, біосфери в рамках повернення їм функції участі в процесах обміну речовиною, енергією, інформацією та імпульсом на основі екологічної місії в даній місцевості.

Неовідновлення означає неможливість повного генетичного відновлення в силу того, що в місті багато компонентів середовища змінені. Вони не зможуть повернутися до первісного стану екотопу і біоценозу і через те, що планета Земля, входячи в чергові астропланетарні цикли, змінює хімізм ґрунтів і мережу каналів обмінних процесів, змінює електролітичні потоки в ґрунтах, змінює мережі силових каркасів і моделі поляризації властивостей середовища в їх осередках, а також інші якості компонентів географічного простору.

Неовідновлення – це приведення порушених компонентів середовища колишнього циклу існування планети до умов обмінних процесів у новому астропланетарному циклі. Тривалість значущих для екосистем циклів – від десятків, а з ряду параметрів – сотень і навіть тисяч років. Є цикли і більш тривалі. Неовідновлення спричинить необхідність створення нового екологічного каркаса міста із «зеленими коридорами» та іншими коридорами, розташованими на смугах переформівного планового малюнка матриць обмінних процесів, частоти яких починають підніматися в області, розташованій вище довжини хвилі фіолетового кольору.

Екореставрація антропогенного ландшафту – повернення ландшафту в новий природний вигляд, в який формується з його колишнього природного вигляду за впливу змін в ендегенних і екзогенних процесах, а також змін в антропогенезі середовища. Повної реставрації як повернення до первісного вигляду здійснити принципово неможливо у зв'язку з входженням планети в нову область

галактичного простору, що впливає на біоту новими інваріантами прямих і зворотних зв'язків.

Екореконструкція – це приведення параметрів існуючого міста в стан рівноваги з природним середовищем на новому етапі її циклічності (оборотності) і еволюції (незворотності) в рамках осяжного одним поколінням людей часу. Поколінням у теорії містобудування вважається відрізок часу, рівний двадцяти рокам – терміну від народження дитини до її дорослішання, коли вона може репродукувати нове покоління.

Екореконструкція – це вид екологізації техносфери – другої складової видимого світу. В ході екологічних перетворень навколо міста, на основі розрахунку адаптивних ресурсів регіональних екосистем, на основі розрахунків урбоекологічної ємності ланок екосистем, повинен бути створений новий екологічний каркас, осередками якого стануть і відповідні зони – буферна і компенсаційна, а також зона екологічної рівноваги. Це дозволяє досягти балансу між містом і прилеглими територіями, в тому числі сільськими.

Екореконструкція міста повинна виконуватися на всіх рівнях – від генерального плану міста до окремих будівель та інженерних споруд [23; 26]. Зміни повинні торкатися і його оточення. У регіоні, до складу якого входить екологічно реконструйоване місто, ставиться мета досягти екологічно обґрунтованого співвідношення урбанізованих і природних територій на своєму масштабному рівні, більш високому відносно міста [27; 29]. На рівні регіону потрібно розробляти заходи щодо скорочення урбанізованих територій і повернення їх у природний неостан. На основі екосистемних розрахунків [21] у регіоні повинна бути передбачена площа територій зі збереженим природним середовищем – лісами, горами, річками, озерами, болотами тощо. В цьому випадку місто може вважатися екологічним.

Екологізація містобудівних об'єктів, з урахуванням сучасних 5-го та 6-го технологічних укладів (за міжнародною класифікацією), повинна розроблятися на основі знань про екосистеми (біогеоценози) і впроваджуватися у їх структуру антропогенні системи [38].

У схожих термінах «екосистема» і «біогеоценоз» криється методологічна проблема: вони не адекватні один одному. Багато хто, працюючи з генпланами міст, цього не хоче помічати. Тим часом екосистемою називають будь-який автономно існуючий природний або штучний біокомплекс, котрий на місцевості виявляється за допомогою цілком чітких ознак; біогеоценоз – один з якісних рівнів екосистеми, конкретизований межами свого рослинного співтовариства (фітоценозу), а також межами поєднання астропланетарних циклів, що існують у даному часовому відрізку історії [28; 34].

Біологічний кругообіг речовин – невід'ємна приналежність земного біогеоценозу. У складі конкретних локальних біогеоценозів біологічний кругообіг речовин можливий, але не обов'язковий.

Енергетичні зв'язки завжди супроводять трофічні зв'язки в біогеоценозі [28]. Разом узяті вони складають основу будь-якого біогеоценозу. Існує п'ять трофічних рівнів біогеоценозу, через які послідовно по ланцюгу здійснюється розподіл усіх його компонентів. В біогеоценозах формується кілька таких ланцюгів, які, багаторазово розгалужуючись і перехреснюючись, утворюють складні харчові (трофічні) мережі.

Біогеоценоз має дві основні структурні частини: біотоп і біоценоз [28; 34], що являють собою об'єкти імплантації антропогенних, у тому числі – містобудівних екосистем. Всі вони перебувають під впливом комбінаторик поточних астропланетарних циклів, але досі немає розробок, як комбінаторика таких циклів впливає на принципи формоутворення мережі генерального плану міста і всіх його елементів. У підсумку

планувальні структури екологізованих і екологічних міст створюються як сітки руйнування мереж обмінних зв'язків в екосистемах.

Будь-які види екологізації містобудівних об'єктів у контексті сказаного будуть зводитися до екологізації біотопу і біоценозу двох генезисів – природного й антропогенного, що існують у поточній комбінаториці циклів впливу екзогенних (космічних) факторів. Чого, однак, ні в одному, ні в другому типі розглянутих міст не робиться.

Цикли – важлива складова екологізації містобудівних структур. Усі форми життя природи і суспільства на планеті Земля, що входять до складу різних екосистем, взаємодіють на основі просторово-часових комбінаторик сил різного генезису, пов'язаних із тим чи іншим циклом.

Архітектурно-містобудівні аспекти врахування циклів у проектах екологізації містобудівних структур повинні включати визначення якісних і кількісних характеристик просторово-тимчасових змін у структурі природних і антропогенних компонентів територій, властивих конкретній матриці вкладення циклів один в одного. Мозаїка вкладень визначає стан екосистем (їх сприйнятливість до зовнішніх екзогенних, ендогенних і антропогенних впливів) та імплантованих у них містобудівних формацій, які, у свою чергу, впливають із потенцій видів людської діяльності, що виникають у рамках розглянутого відрізка часу. Вид діяльності – ще одна методологічна пастка, що не враховується в екологізованих і екологічних містах.

Із позиції вписування в матриці екосистемних зв'язків вид діяльності (економічної, культурологічної, соціальної та інших) повинен бути таким, який працює в частотах обмінних процесів у даній екосистемі. Це означає, що всі екологізовані й екологічні міста повинні диференціюватися (класифікуватися) за місією в ланцюзі прийому, переробки і передачі далі речовини, енергії, інформації, імпульсу і цілепокладання.

Екологізація як екотопу міста, так і біоценозу (сумарно – біогеоценозу) стосовно до понять «екологізоване місто» і «екологічне місто» (екополіс, екоград) дотепер не застосовується, що не відповідає самій ідеї екологічного поселення. Під екологізацією міста розуміється нова версія антропогенного (азонального) ландшафту, в структурі порушеного фізико-географічного району [1; 7; 8]. А саме фізико-географічні райони [15; 39] (в Дніпропетровській області їх площа приблизно дорівнює площі колишніх внутрішньообласних адміністративних районів, що існували до створення укрупнених територіальних громад), які виділяються на основі комбінаторики ендогенних і екзогенних процесів і формують екосистеми з тією чи іншою матрицею сіткоподібних обмінних зв'язків.

Через часту плутанину понять «екологізоване місто» і «екологічне місто» в спеціальній літературі вони обидва починають розглядатися як населені місця, де головне – не вписування в природні матриці обмінних зв'язків у просторі екосистем, а створення штучних високотехнологічних антропоценозів. Що теж не відповідає уявленням про екологічність міста.

Разом із тим, екологізація кожного компонента екотопу й екоценозу повинна спиратися на спеціальні розробки у сфері теорії екосистем [16; 28; 34].

Поняття «біотоп» включає кліматоп (атмосферу) й едафотоп (грунт і, нижче, підстилковий грунт). Стосовно завдань екологізації міст потрібно говорити про екологізацію літосферної частини, екологізацію ґрунту, гідрографічних елементів, екологізацію клімату, екологізацію енергоінформаційних структур екосистем.

Екологізація кожної частини біотопу передбачає організацію послідовного ряду процесів, у числі яких: припинення забруднення шляхом закриття джерел забруднення; очищення частин біотопу від накопичених забруднювальних речовин і їх безпечна утилізація; повне або часткове відтворення втрачених якостей частин

біотопу шляхом проведення в кожній з них інженерно-технічних (фізико-хімічних, фізичних і низки інших) заходів; підготовка очищених і відновлених (повністю або частково) частин біотопу до нових астропланетарних циклів із розрахунком очікуваних наслідків і розробленням методів їх використання в проекті екологізації містобудівної структури; підбір систем і прийомів екологізації, адекватних адаптаційним можливостям частин біотопу в новій комбінаториці астропланетарних циклів; розроблення методів і прийомів упровадження екологізації в кожен з елементів генерального плану екологізованого міста; визначення прийомів обліку прийдешніх астропланетарних циклів в екологізованому місті.

Як в екологізованому, так і в екологічному місті необхідна: екологізація орографічної структури міста [7]; літосфери міста; гідрографії міста [42]; кліматопу; енергоінформаційних структур екосистем; просторової структури біоценозів; тимчасової структури біоценозів; видової структури біоценозів; трофічної структури екоценозів; екологізація ґрунтів; екосистем (природних і антропогенних); природних ландшафтів (зональних, званих фізико-географічними районами, геосистемами або природно-територіальними комплексами, генезис яких – взаємодія ендегенних і екзогенних процесів, що викликають стійкі в рамках просторово-часових циклів матриці внутрішньоландшафтової топології території, і азоніальних) [32; 35]; природних ландшафтів [2–4; 12]; копалин ландшафтів; реліктових ландшафтів; антропогенних ландшафтів [11; 22; 24].

Екологізація кожного компонента біогеоекоценозу в контексті створення проекту екологізованого і екологічного міста вимагає спеціальних, притаманних конкретному компоненту містобудівних принципів і прийомів, методів і методик.

Екологізація екосистеми відмінна від екологізації екотопу і біоценозу. Екосистема, або екологічна система (від грец. οἶκος – житло, місцеперебування і σύστημα – система), – біологічна система

(біогеоценоз), що складається зі спільноти живих організмів (біоценоз), середовища їх проживання (біотоп), системи зв'язків, що здійснює обмін речовин і енергії між ними (одне з основних понять екології).

Поняття «біогеоценоз» хоч і схоже з поняттям «екосистема», але не адекватне йому: перше несе більш суворе смислове навантаження. Якщо екосистемою називають практично будь-який автономно існуючий природний або штучний біокомплекс, то біогеоценоз, будучи одним з якісних рівнів екосистеми, конкретизований межами свого обов'язкового рослинного співтовариства (фітоценозу).

Екологізація природних і антропогенних екосистем з відповідними: вертикальними, горизонтальними й іншими просторовими, трофічними, видовими, екологічними, біотичними структурами; закономірностями розміщення екосистем за типами рельєфу, локації щодо русла річки чи іншого водного об'єкта по терасах і водозбірних басейнах; компонентами екосистем (неорганічними речовинами, органічними речовинами, повітряним, водним та субстратним середовищем, автотрофами (продуцентами) і гетеротрофами (консументами, дентритофагами і редуцентами) – з урахуванням змін клімату в бік його потепління – та нова область професійних знань, котру потрібно створювати.

Історично сталося так, що процес створення екологізованих міст і екологічних міст почався без генерації повноцінної наукової бази, що само по собі унікально в історії. Якщо в минулі часи міста повільно, століттями втручаючись у природу, ще дозволяли екосистемам встигати адаптуватися до антропогенних імплантатів, що вторглися на їхні території, то надвисока швидкість створення нових і реконструкції старих міст у сучасних умовах такого шансу природі не дає.

Висновки. Екологізація міста і екологічне місто повинні розроблятися як системи архітектурно-містобудівних заходів, які повертають екологічний статус кожного елемента міського та (або) сільського середовища в контексті його

місця, місії та потенціалу в сіткоподібній матриці об'ємно-просторових зв'язків (матриці каналів обміну речовиною, енергією, інформацією, імпульсами і місією (цілепокладанням) в екосистемах регіональних ієрархічних рівнів у конкретному просторово-тимчасовому циклі її існування.

Канали просторових зв'язків в екосистемі на місцевості виглядають як смуги різної ширини і різної функції. До їх числа входять: канали руху біогенної речовини, енергії та інформації; канали руху абіотичної речовини, енергії та інформації; інші канали. Всі вони визначаються за допомогою приладового моніторингу середовища, картуються, розраховуються на допустимі імплантації антропогенних структур в контексті як збереження осередків екосистем, так і створення в них явища симбіотичного (на основі муталізму, коменсалізму і протокооперації) або нейтрального (прозорого) типу відносин з імплантованими містобудівними структурами на основі механізмів їх резонансного співіснування.

Антибіозні типи відносин (конкуренція й аменсалізм) в екологізованому місті не допускаються. Переважна більшість каналів обмінних процесів в екосистемах корелюють з відповідними гідрогеоморфологічними та орографічними структурами регіонів і пов'язаними з ними таксонами внутрішньої топології природно-територіальних комплексів (фізико-географічних ландшафтів).

Регіональна екосистема, яка бере в себе антропогенний компонент у вигляді містобудівного об'єкта, повинна розглядатися не як структура, що підлягає «поліпшенню», «перетворенню» і «заміні», а як структура, яка містить у собі всі механізми і територіальні формації, щопідказують шляхи майбутньої симбіотизації першої і другої природи з перетворенням їх на об'єктивний формат середовищного типу, з більш високим інтегральним потенціалом, в якому виключені взаємовідторгнення і взаєморуйнування, кризи і втрати в їх новій,

інтегральній, холістичній динаміці та еволюції.

Містобудівні рішення повинні сприяти формуванню більш сталого балансу між усіма компонентами середовища, на основі балансу між віддачею і споживанням, між землею та її мешканцями, гармонії і стабільності формованого таким чином екологізованого й екологічного міста, незалежно від його положення в регіональній системі населених місць, функції та інших внутрішніх і зовнішніх властивостей. При цьому потрібно збільшувати життєздатність усіх складових елементів навколишнього середовища.

У стійкій системі екологізованого й екологічного міста (екограда) кожен елемент повинен створюватися з позиції його участі в прийманні, переробці та подальшій передачі речовини, енергії, інформації, зі своїм варіантом визначення мети й потрібного для цього імпульсу, для якого він повинен існувати в складі екосистеми.

Морфологічні та інші атрибутивні властивості генерального плану екологізованого й екологічного міста за геометричною конфігурацією, навантаженням, функцією, динамікою, еволюцією, ступенем складності, мірою дрібності й укрупненості, типом симетрії і векторами обмінних процесів повинні бути морфо-резонансно-фрактальні аналогічним властивостям осередків обмінних матриць в екосистемах. Різниця між містами в цьому контексті – в різній мірі збереження природних екосистем, в різній реакції на події планетарних змін природно-кліматичних умов і в різній моделі їх використання в екосистемі.

Екореконструкція та екореставрація містобудівних об'єктів повинні створюватися на основі знань про негентропійні процеси, стосовно екологізації: сельбищних ландшафтів; міських аграрних ландшафтів; елементів благоустрою міських територій; інженерно-технічних систем; енергетичних об'єктів; озеленення та виробництва біопродукції; сміттєзвалищ і сховищ відходів;

транспортної мережі міста; сприйняття міського середовища (візуальне, тактильне, запахове тощо); універсальних формотворчих систем в архітектурі.

Архітектурні стилі теперішнього часу, що показують тенденції переходу від стилів і глобальних стилів до трьох суперстилів: до глобального суперстилю як прояву принципів самоорганізації в рамках циклоісторичного підходу з подальшим виходом на синергетику, з виходом на третій глобальний суперстиль, в основі якого: «Арт-архітектура» (Art-architecture); «Нейче-архітектура» (Nature-architecture); «Флексі-архітектура» (Flexie-architecture); «Екстрим-архітектура» (Extreme-architecture) [19].

Однак усі перераховані стильові напрями не містять зв'язку з екосистемами, тому повинні бути кардинально переглянуті і трансформовані під завдання інтегрування в екосистеми. Фактично, кількість сучасних стилів, як і їх формотворчі особливості, повинні відповідати новим властивостям екосистем, а також технологіям зв'язку з ними різних архітектурно-містобудівних об'єктів.

У процес створення екологізованого й екологічного міст потрібно закладати умови для появи масових гомеостатичних артефактів майбутнього.

У рамках розроблення проекту екологізованого й екологічного міста (екограда) потрібне розроблення моделі екологізованого і екологічного споживання

природно-кліматичних і антропогенних умов, властивих цим типам містобудівних об'єктів. Екологізація моделей споживання наслідків кліматичних змін на планеті і в регіоні повинна спиратися на нелінійні механізми термодинаміки, на моделі резонансної взаємодії видів і форм людської діяльності з енергоінформаційними особливостями місця локації екологізованого або екологічного міста.

Структура моделі споживання повинна проявити структуру негентропійного, а не ентропійного, генерального плану міста, систему розміщення і типологію мережеских об'єктів споживання (типів громадських будівель, а з ними – і типів житлових будинків із садибами, радіуси їх доступності, типи і людоемність функціональних планувальних одиниць у генплані міста, їх планувальну структуру, порядок їх взаємного розташування в генплані міста, інші планувальні особливості.

З цієї точки зору такі загальноприйняті в містобудуванні поняття як житлова група, житловий мікрорайон, житловий район тощо у варіанті екологічного міста не актуальні взагалі, їх потрібно замінити на структурні одиниці, відповідні осередкам екосистемних просторів. У зв'язку з цим їх суть і назва мають бути іншими. В екологізованому місті колишні структурні одиниці деякий час ще можуть залишатися, але повинні отримувати нове трактування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авессаломова И. А. Экологическая оценка ландшафтов. Москва, 1992. 120 с.
2. Алексеенко В. А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. Москва : Недра, 1990. 142 с.
3. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. Москва : Мысль, 1975. 288 с.
4. Беручашвили Н. Л. Геофизика ландшафта. Москва : Высшая школа, 1990. 287 с.
5. Благовидова Н. Г. Методические указания по выполнению практических работ в рамках дисциплины «Архитектурная экология». Москва : МИИГАиК, 2016. 16 с.
6. Бусыгина И. М. Настоящее и будущее «Европы регионов» : проблемы европейского регионализма. *Мировая экономика и международные отношения*. 1993. № 9. С. 78–86.
7. Виктор А. С. Основные проблемы математической морфологии ландшафтов. Москва : Наука, 2006. 252 с.
8. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии. Москва : Геос, 1998. 418 с.
9. Волкова В. Г., Давыдова Н. Д. Техногенез и трансформация ландшафтов. Новосибирск : Наука, 1987. 186 с.
10. Воробйов В. В. Екополіс. Світ Зоряного майбутнього. Дніпро : Журфонд, 2020. 812 с.
11. Геоэкологические основы территориального проектирования и планирования. Под ред. В. С. Преображенского, Т. Д. Александровой. Москва : Наука, 1989. 144 с.

12. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методик исследований природных ландшафтов. Смоленск : Ойкумена, 2002. 288 с.
13. Горев Л. М., Дорогунцов М. А., Хвесик М. А. Оптимизация экосред. Кн. 1. Оценка и процессы. Киев : Наукова думка, 1997. 456 с.
14. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. Київ : Лікей, 1995. 46 с.
15. Дьяконов К. Н. Геофизика ландшафта. Москва : Изд-во МГУ, 1991. 95 с.
16. Егоренков Л. И., Кочуров Б. И. Геоэкология : учеб. пособ. Москва : Финансы и статистика, 2005. 320 с.
17. Емельянов А. Г. Основы природопользования : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Москва : Академия, 2006. 304 с.
18. Жак Фреско, Виктор Воробьев. Проектирование будущего. Архитектура поселений (серия «Лицом к лицу»). Москва : «Самотека», МИД «Осознание», 2018. 858 с.
19. Жуйков С. С. Тенденции формирования нового глобального стиля в архитектуре : дисс. на соиск. учен. степ. канд. архит. Специальность 05.23.20 – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. Екатеринбург, 2018. 309 с.
20. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21.12.2010 р. № 2818-VI. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (дата звернення: 09.04.2021).
21. Казанцев П. А. Основы экологической архитектуры. Saarbrücken : LAP Lambert academic publishing, 2012. 195 с.
22. Колбовский Е. Ю. Ландшафтоведение : учеб. пособ. Москва : Академия, 2008. 336 с.
23. Лозанський В. Р. Екологічне управління в розвинутих країнах світу в порівнянні з Україною. Харків, 2000. 68 с.
24. Макунина А. А., Рязанов П. Н. Функционирование и оптимизация ландшафта. Москва : Изд-во МГУ, 1988. 92 с.
25. Материалы Европейской конференции министров регионального планирования (CEMAT). Основопологающие принципы устойчивого пространственного развития европейского континента. MAT-12 HF 28.Guiding Principles for Sustainable Spatial Development of the European Continent. Ганновер, 7–8 февраля, 2000.
26. Микулина Е. М., Благовидова Н. Г. Архитектурная экология : учеб. для студ. учреждений высш. проф. образ. Москва : Издательский центр «Академия», 2013. 256 с.
27. Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства у навколишньому природному середовищі. Спеціальне видання до 5-ої Всеєвропейської конференції міністрів навколишнього середовища «Довкілля для Європи». Київ : Новий друк, 2003. 125 с.
28. Одум Ю. Основы экологии. Москва : Мир, 1975. 740 с.
29. О мероприятиях по поэтапному внедрению в Украине требований директив Европейского Союза, санитарных, экологических, ветеринарных, фитосанитарных норм и международных и европейских стандартов. URL: http://www.moz.gov.ua/ua/portal/perelik_1999-200.html (дата звернення : 09.04.2021).
30. Оцінка впливу на довкілля та участь громадськості: аналітичний порівняльний огляд європейського й українського законодавства та рекомендації щодо впровадження європейських стандартів в Україні. Львів : ЕПЛ, 2013. 96 с.
31. «Повестка дня на XXI век». Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 г. Официальный сайт ООН. [Электронный ресурс]. URL : <http://www.un.org/russian/conferen/wssd/agenda21/> (дата звернення : 09.04.2021).
32. Преображенский В. С. Ландшафты в науке и практике. Москва, 1981. 220 с.
33. Природоресурсовые кодексы Украины [Текст] : земельный кодекс Украины. Кодекс Украины о недрах. Водный кодекс Украины. Лесной кодекс Украины : сборник. Сост. И. И. Каракаш. Одеса : Юридична література, 2000. 252 с.
34. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. Москва : Изд-во «Россия молодая», 1994. 366 с.
35. Родоман Б. Б. Территориальные ареалы и сети. Смоленск : Ойкумена, 1999. 255 с.
36. Руано Мигель. Экологическое градостроительство : учеб. пособ. Пер. Н. Г. Благовидовой. Москва : МАРХИ, 2014. 206 с.
37. Семенов В. Т., Штомпель Н. Э. Устойчивое развитие мегаполисов. Урбанистические аспекты : монография. Харьк. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. Харьков : ХНУГХ, 2014. 339 с.
38. Смоляр И. М., Микулина Е. М., Благовидова Н. Г. Экологические основы архитектурного проектирования : учеб. пособ. для студ. учреждений высш. проф. образ. Москва : Издательский центр «Академия», 2010. 160 с.
39. Солнцев В. Н. Системная организация ландшафтов (проблемы методологии и теории). Москва : Мысль, 1981. 239 с.
40. Тетиор А. Н. Архитектурно-строительная экология. Москва : РЭФИА, 2000. 448 с.

41. Тетиор А. Н. Устойчивое развитие. Устойчивое проектирование и строительство. Москва : РЭФИА, 1998. 310 с.

42. Романенко В. Д., Окснюк О. П., Жукинський В. Н., Стольберг Ф. В., Лаврик В. И. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. Киев : Наукова думка, 1990. 254 с.

REFERENCES

1. Avessalomova I.A. *Ekologicheskaya otsenka landshaftov* [Ecological assessment of landscapes]. Moscow, 1992, 120 p. (in Russian).

2. Alekseenko V.A. *Geokhimiya landshafta i okruzhayushchaya sreda* [Landscape geochemistry and the environment]. Moscow : Nedra Publ., 1990, 142 p. (in Russian).

3. Armand D.L. *Nauka o landshafte* [Landscape science]. Moscow : Misl' Publ., 1975, 288 p. (in Russian).

4. Beruchashvili N.L. *Geofizika landshafta* [Geophysics of the landscape]. Moscow : Vysshaya Shkola Publ., 1990, 287 p. (in Russian).

5. Blagovidova N.G. *Metodicheskiye ukazaniya po vypolneniyu prakticheskikh rabot v ramkakh distsipliny "Arkhitekturnaya ekologiya"* [Methodological instructions for the implementation of practical work within the discipline "Architectural ecology"]. Moscow : MIIGAiK Publ., 2016, 16 p. (in Russian).

6. Busygina I.M. *Nastoyashcheye i budushcheye "Yevropy regionov": problemy yevropeyskogo regionalizma* [Present and future of "Europe of regions": problems of European regionalism]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnyye otnosheniya* [World Economy and International Relations]. 1993, no. 9, pp. 78–86. (in Russian).

7. Viktorov A.S. *Osnovnyye problemy matematicheskoy morfologii landshaftov* [Basic problems of mathematical morphology of landscapes]. Moscow : Nauka Publ., 2006, 252 p. (in Russian).

8. Vinogradov B.V. *Osnovy landshaftnoy ekologii* [Fundamentals of landscape ecology]. Moscow : Geos Publ., 1998, 418 p. (in Russian).

9. Volkova V.G. and Davydov N.D. *Tekhnogenez i transformatsiya landshaftov* [Technogenesis and transformation of landscapes]. Novosibirsk : Nauka Publ., 1987, 186 p. (in Russian).

10. Vorobyov V.V. *Yekopolis. Svit Zoryanogo maybutn'ogo* [Ecopolis. The world of the starlight future]. Dnipro : Zhurfond Publ., 2020, 812 p. (in Russian).

11. *Geoekologicheskiye osnovy territorial'nogo proyektirovaniya i planirovaniya* [Geoecological bases of territorial design and planning]. Ed. By V.S. Preobrazhenskiy and T.D. Alexandrova. Moscow : Nauka Publ., 1989, 144 p. (in Russian).

12. Glazovskaya M.A. *Geokhimicheskiye osnovy tipologii i metodik issledovaniy prirodnikh landshaftov* [Geochemical foundations of typology and methods of studying natural landscapes]. Smolensk : Oikumena Publ., 2002, 288 p. (in Russian).

13. Gorev L.M., Doroguntsov M.A. and Khvesik M.A. *Optimizatsiya ekosred. Kniga 1. Otsenka i protsessy* [Environment optimization. Book 1. Evaluation and processes]. Kyiv : Naukova Dumka Publ., 1997, 456 p. (in Russian).

14. Grodzinskiy M.D. *Stiykist' geosistem do antropogennykh navantazhen'* [Strength of geosystems to anthropogenic pressure]. Kuiv : Likey Publ., 1995, 46 p. (in Russian).

15. Dyakonov K.N. *Geofizika landshafta* [Geophysics of the landscape]. Moscow : Publishing House of the Moscow State University, 1991, 95 p. (in Russian).

16. Egorenkov L.I. and Kochurov B.I. *Geoekologiya : uchebnoye posobiye* [Geoecology : textbook]. Moscow : Finance and Statistics, 2005, 320 p. (in Russian).

17. Emelyanov A.G. *Osnovy prirodopol'zovaniya : uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy* [Fundamentals of nature management : textbook for students higher educ. Institutions]. Moscow : Academy Publ., 2006, 304 p. (in Russian).

18. Jacques Fresco and Viktor Vorobyov. *Proyektirovaniye budushchego. Arkhitektura poseleniy (seriya "Litsom k litsu")*. [Designing the future. Settlement architecture (series "Face to Face")]. Moscow : "Samoteka", Ministry of Foreign Affairs " MID "Osoznaniye" Publ., 2018, 858 p. (in Russian).

19. Zhuikov S.S. *Tendentsii formirovaniya novogo global'nogo stilya v arkhitekture. Spetsial'nost' 05.23.20 – Teoriya i istoriya arkhitektury, restavratsiya i rekonstruktsiya istoriko-arkhitekturnogo naslediya. Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata arkhitektury* [Trends in the formation of a new global style in architecture. Specialty 05.23.20 – Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage : Dissertation for the degree of Candidate of Architecture]. Yekaterinburg, 2018, 309 p. (in Russian).

20. Pro osnovni zasady (strategiyu) derzhavnoi ekologichnoi polityky Ukrainy na period do 2020 roku : Zakon Ukrainy ot 21 dekabrya 2010 g. № 2818-VI [On the main ambush (strategy) of the state ecological policy of Ukraine for the period until 2020 : Law of Ukraine, dated December 21, 2010. No. 2818-VI]. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (date of access: 09.04.2021). (in Russian).

21. Kazantsev P.A. *Osnovy ekologicheskoi arkhitektury* [Fundamentals of ecological architecture]. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2012, 195 p. (in Russian).

22. Kolbovskiy E.Yu. *Landshaftovedeniye : uchebnoye posobiye* [Landscape studies : textbook]. Moscow : Academy Publ., 2008, 336 p. (in Russian).

23. Lozanskiy V.R. *Ekologichne upravlinnya v rozvnutykh kraïnakh svitu v porivnyanni z Ukraïnoyu* [Ecological

management in the developed lands of the world in the context of Ukraine]. Kharkiv, 2000, 68 p. (in Ukrainian).

24. Makunina A.A. and Ryazanov P.N. *Funktsionirovaniye i optimizatsiya landshafta* [Functioning and optimization of the landscape]. Moscow : Publishing house of the Moscow State University, 1988, 92 p. (in Russian).

25. MAT-12 NF 28. *Osnovopolagayushchiye printsipy ustoychivogo prostranstvennogo razvitiya yevropeyskogo kontinenta : Materialy Yevropeyskoy konferentsii ministrov regional'nogo planirovaniya (SEMAT)* [MAT-12 HF 28. Fundamental Principles for Sustainable Spatial Development of the European Continent : Proceedings of the European Conference of Ministers for Regional Planning (CEMAT)]. Hannover, February 7-8, 2000. Guiding Principles for Sustainable Spatial Development of the European Continent. (date of access: 09.04.2021). (in Russian).

26. Mikulina E.M. and Blagovidova N.G. *Arkhitekturnaya ekologiya: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. prof. obrazovaniya* [Architectural ecology : textbook for students of higher prof. educ. Institutions]. Moscow : Publishing Center "Academy", 2013, 256 p. (in Russian).

27. *Natsional'na dopovid' Ukrayiny pro harmonizatsiyu zhyttyediyal'nosti suspil'stva u navkolyshn'omu pryrodnomu seredovyshchi. Spetsial'ne vydannya do 5-oyi Vseyevropeys'koyi konferentsiyi ministriv navkolyshn'oho seredovyshcha "Dovkillya dlya Yevropy"* [National report of Ukraine on the harmonization of society in the natural environment. Special reference to the 5th Pan-European Conference of Environment Ministers "Environment for Europe"]. Kyiv : Novyi Druk, 2003, 125 p. (in Ukrainian).

28. Odum Yu. *Osnovy ekologii* [Fundamentals of ecology]. Moscow : Mir Publ., 1975, 740 p. (in Russian).

29. *O meropriyatiyakh po poetapnomu vnedreniyu v Ukraine trebovaniy direktiv Evropeiskogo Soyuzu, sanitarnykh, ekologicheskikh, veterinarnykh, fitosanitarnykh norm i mezhdunarodnykh I evropeyskikh standartov* [On measures for the gradual implementation in Ukraine of the requirements of EU directives, sanitary, environmental, veterinary, phytosanitary norms and international and European standards]. URL : http://www.moz.gov.ua/ua/portal/perelik_1999-200.html. (date of access : 09.04.2021). (in Russian).

30. *Otsinka vplyvu na dovkillya ta uchast' hromads'kosti: analitychnyy porivnyal'nyy ohlyad yevropeys'koho y ukrayins'koho zakonodavstva ta rekomendatsiyi shchodo vprovadzhennya yevropeys'kykh standartiv v Ukrayini* [Environmental impact assessment and public participation: analytical comparative review of European and Ukrainian legislation and recommendations for the implementation of European standards in Ukraine]. Lviv : EPL, 2013, 96 p. (in Ukrainian).

31. "Povestka dnia na XXI vek", priniata Konferentsiyey OON po okruzhayushchey srede i razvitiyu [Agenda 21, adopted by the United Nations Conference on Environment and Development]. Rio-de-Janeiro, June 3–14, 1992. Official website of the United Nations. [Electronic resource]. URL: <http://www.un.org/russian/conferen/wssd/agenda21/> (date of access: 09.04.2021). (in Russian).

32. Preobrazhenskiy V.S. *Landshafty v nauke i praktike* [Landscapes in science and practice]. Moscow, 1981, 220 p. (in Russian).

33. *Prirodoresursovye kodeksy Ukrainy [Tekst]: zemel'nyy kodeks Ukrainy. Kodeks Ukrainy o nedrakh. Vodnyy kodeks Ukrainy. Lesnoy kodeks Ukrainy: Sbornik* [Natural-resource codes of Ukraine [Text]: Land Code of Ukraine. Subsoil Code of Ukraine. Water Code of Ukraine. Forest Code of Ukraine: Collection]. Ed. by I.I. Karakash. Odessa : Legal Literature, 2000, 252 p. (in Russian).

34. Reimers N.F. *Ekologiya. Teorii, zakony, pravila, printsipy i hipotezy* [Ecology. Theories, laws, rules, principles and hypotheses]. Moscow : Russia Young Publishing House, 1994, 366 p. (in Russian).

35. Rodoman B.B. *Terrytorial'nye arealy y sety* [Territorial areas and networks]. Smolensk : Oikumena Publ., 1999, 255 p. (in Russian).

36. Ruano Miguel. *Ekologicheskoye gradostroitel'stvo : ucheb. posobiye* [Environmental urban planning : textbook]. Trans. by N.G. Blagovidova. Moscow : MARKHI Publ., 2014, 206 p. (in Russian).

37. Semenov V.T. and Shtompel N.E. *Ustoychivoye razvitiye megapolisov. Urbanisticheskiye aspekty: monografiya* [Sustainable development of megacities. Urban aspects: monograph]. O.M. Beketov's National University of Urban Economy in Kharkiv. Kharkiv : KHNUGKH Publ., 2014, 339 p. (in Russian).

38. Smolyar I.M., Mikulina E.M. and Blagovidova N.G. *Ekologicheskoye osnovy arkhitekturnogo proyektirovaniya: ucheb. posobiye dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. prof. obrazovaniya* [Environmental foundations of architectural design : textbook for students of higher prof. educ. Institutions]. Moscow : Publishing Center "Academy", 2010, 160 p. (in Russian).

39. Solntsev V.N. *Sistemnaya organizatsiya landshaftov (problemy metodologii i teorii)* [Systemic organization of landscapes (problems of methodology and theory)]. Moscow : Mysl' Publ., 1981, 239 p. (in Russian).

40. Tetior A.N. *Arkhitekturno-stroitel'naya ekologiya* [Architectural and construction ecology]. Moscow : REFIA Publ., 2000, 448 p. (in Russian).

41. Tetior A.N. *Ustoychivoye razvitiye. Ustoychivoye proyektirovaniye i stroitel'stvo* [Sustainable development. Sustainable design and construction]. Moscow : REFIA Publ., 1998, 310 p. (in Russian).

42. Romanenko V.D., Oksiyuk O.P., Zhukinskiy V.N., Stolberg F.V. and Lavrik V.I. *Ekologicheskaya otsenka vozdeystviya gidrotekhnicheskogo stroitel'stva na vodnyye obyekty* [Ecological assessment of the impact of hydraulic engineering on water bodies]. Kyiv : Naukova Dumka, 1990, 254 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 25.04.2021.

УДК 629.7.048:628.1(15)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.76.769

ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД В УМОВАХ КОСМОСУ

ДОЛИНА Л. Ф.¹, канд. техн. наук, доц.,
НАГОРНА О. К.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
ЖДАН Ю. О.³, студ.,
ДОЛИНА Д. А.⁴

¹ Кафедра гідравліки та водопостачання, Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. В. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, e-mail: dolina@pcb.diit.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6082-7091

^{2*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: nahorna.olena@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

³ Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. В. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, e-mail: yulia7799@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-0837-642X

⁴ Головне управління Державної фіскальної служби України, вул. Шолуденка, 33, Київ, Україна, e-mail: dogni06@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2962-2722

Анотація. *Постановка проблеми.* Система життєзабезпечення Міжнародної космічної станції обов'язково включає забезпечення екіпажу водою питної якості та очищення і знешкодження стічних вод. Вартість доставки води до МКС дуже висока, тому необхідно вдосконалювати технологічні схеми очищення стічних вод в умовах космосу з метою повторного використання води в повному замкненому циклі. *Методи.* Дослідження виконані на підставі аналізу українських і зарубіжних наукових джерел і звітних даних про специфіку використання води на космічних станціях і способах очищення стічних вод. Для розроблення технології очищення стічних вод в умовах космосу, окрім світового досвіду, використані власні дослідження. *Наукова новизна.* Автори статті провели аналіз роботи існуючих споруд з очищення стічних вод в умовах космосу і подали рекомендації до їх використання на МКС. Розроблена технологія для очищення стічних і питних вод в умовах невагомості (космосу) ґрунтується на використанні реакторів. Реактори можуть бути виконані з різних матеріалів (метал, пластик та ін.), вони не містять нестандартного устаткування, яке вимагає заводського виготовлення. Компактність, повна герметичність і невеликі габарити біо- і фізико-хімічних реакторів дозволяють установлювати їх у межах МКС. Процес очищення простий в керуванні і може бути повністю автоматизований. *Практична значимість.* Водні проблеми – головні у всьому світі, у тому числі і в умовах космосу. На МКС має бути передбачена система обробки стічних вод та їх замкнутого використання, оскільки постачання станцій новою водою значно збільшує вартість освоєння космічного простору. Якісна вода – це здоров'я і благополучна робота людей в умовах космосу. Оскільки в космосі відсутня гравітація, для відділення зважених речовин від води треба використовувати відцентрові сили (центрифуги). *Висновки.* Комплексний розгляд питань, що пов'язані з очищенням стічних вод в умовах космосу, дозволяє зробити висновок про необхідність регенерації води на Міжнародних космічних станціях (МКС).

Ключові слова: *очищення стічних вод; космос; споруди з очищення стічних вод; технологія очищення вод в умовах космосу; система життєзабезпечення в космосі*

WASTE WATER TREATMENT TECHNOLOGY IN SPACE

DOLYNA L.F.¹, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
NAHORNA O.K.^{2*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
ZHDAN Y.O.³, Student,
DOLYNA D.A.⁴

¹ Department of Hydraulics and Water Supply, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., Dnipro, Ukraine, 49010, tel. , +38 (056) 273-15-09, e-mail: dolina@pcb.diit.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6082-7091

^{2*} Department of Water Supply, Water Disposal and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-74, e-mail: nahorna.olena@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

³ Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 273-15-09, e-mail: yulia7799@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-0837-642X

⁴ Department Head Office of State Fiscal Service, 33, Sholudenka Str., Kyiv, Ukraine, 04116, tel. +38 (056) 164 22 32, e-mail: dogni06@gmail.com, ORCID ID: 0000-0000-0002-2722

Abstract. Problem statement. The life support system of the International Space Station must include the provision of drinking water to the crew and the treatment and disposal of wastewater. The cost of water delivery to the ISS is very high, so it is necessary to improve the technological schemes of wastewater treatment in space in order to reuse water in a complete closed cycle. **Methods.** The studies were performed based on the analysis of Ukrainian and foreign scientific sources and reporting data on the specifics of water use at space stations and the treatment methods of the used waters (wastewaters). In addition to international experience, our own research was used to develop a technology for wastewater treatment in space. **Scientific novelty.** The authors of the article analyzed the operation of existing wastewater treatment facilities in space and made recommendations for their use at the ISS. The developed technology for the treatment of wastewater and drinking water in zero-gravity (space) is based on the use of various reactors. They can be made of various materials (metal, plastic, etc.); they do not contain non-standard equipment that requires factory manufacturing. Compactness, complete tightness and small dimensions of bio- and physicochemical reactors allow them to be installed within the ISS. The cleaning process is easy to manage and can be fully automated. **Practical significance.** Water problems are central to the whole world, including in space. The ISS should have a system for the wastewater treatment and their closed use, since the supply of new water to stations significantly increases the cost of space exploration. Quality water is the health and well-being of people in space. Since there is no gravity in space, centrifugal forces (centrifuges) must be used to separate suspended particles from water. **Results.** A comprehensive review of the issues related to wastewater treatment in space, allows us to conclude that it is necessary to regenerate water at International space stations (ISS). Indeed, to ensure the life support of the astronauts, a colossal amount of water is required, and its delivery to the ISS from the Earth is expensive.

Keywords: waste water treatment; space; wastewater treatment facilities; space water treatment technology; space life support system

Постановка проблеми. Міжнародна космічна станція (МКС) – постійна науково-дослідна лабораторія в космосі, плід праці понад 100 000 чоловік. Більшість із них працює в Канаді, Росії та Сполучених Штатах Америки, решта – у Бельгії, Бразилії, Великобританії, Німеччині та інших країнах. Після закінчення будівництва (2004 р.) довжина МКС склала 88 м, ширина – 109 м, а за об'ємом житлових і робочих приміщень станція порівнялася з двома реактивними лайнерами «Боїнг-747». Вага цієї споруди – близько 520 т (рис. 1) [1].



Рис. 1. Міжнародна космічна станція

На поверхні модулів прокладені електричні, комп'ютерні та гідравлічні

комунікації, через які передається електроенергія, проходить питна вода і вода системи охолодження повітря.

Стан, близький до невагомості, відіграє важливу роль у наукових дослідженнях, що проводяться на борту МКС. Сила земного тяжіння на висоті станції (400 км) в мільйон разів менша тієї, що ми відчуваємо на поверхні Землі. На Землі кинутий олівець пролетить відстань 2 м за 0,5 с, а на борту МКС на це піде десять хвилин. У цьому величезному «будинку», що складається з безлічі модулів, можуть мешкати екіпажі до семи і більше чоловік.

Усю воду, наявну на космічній станції, доставляють вантажними кораблями. Її витрачають для споживання, гігієнічних процедур, підтримки технічних систем станції. Техніка прораховує буквально кожен грам зайвої ваги, тому неможливо узяти її із запасом. На борту з величезною кількістю суперсучасної техніки вчені й інженери працюють в умовах строгої економії води.

Ключовий момент у регенерації – очищення води. В очисні системи збирається будь-яка вода: що залишилася від приготування їжі, брудна вода від миття і навіть піт космонавтів. Регенерація води –

це повторне її отримання. Але неможливо регенерувати воду, якщо спочатку її не доставити із Землі. Сам процес регенерації знижує витрати на космічні польоти і робить систему МКС менш залежною від наземних служб [2]. Отже воду, яку доставляють із Землі, використовують на МКС багаторазово.

Методи. Дослідження виконані на підставі аналізу українських і зарубіжних наукових джерел і звітних даних про специфіку використання води на космічних станціях і способи очищення стічних вод. Для розроблення технології очищення стічних вод в умовах космосу, окрім світового досвіду, використані власні дослідження [6].

Наукова новизна. Проведено аналіз роботи існуючих споруд з очищення стічних вод в умовах космосу, наведено рекомендації до їх використання на МКС. Розроблена технологія для очищення стічних і питних вод в умовах невагомості (космосу) ґрунтується на використанні реакторів. Реактори можуть бути виконані з різних матеріалів (метал, пластик та ін.), вони не містять нестандартного устаткування, яке вимагає заводського виготовлення. Компактність, повна герметичність і невеликі габарити біо- і фізико-хімічних реакторів дозволяють установлювати їх у межах МКС. Процес очищення простий у керуванні і може бути повністю автоматизований.

Практична значимість. Водні проблеми – головні у всьому світі, у тому числі і в умовах космосу. На МКС має бути передбачена система обробки стічних вод та їх замкнутого використання, оскільки постачання станцій новою водою значно збільшує вартість освоєння космічного простору. Якісна вода – це здоров'я і благополучна робота людей в умовах космосу. Оскільки в космосі відсутня гравітація, для відділення зважених речовин від води треба використовувати відцентрові сили (центрифуги).

Виклад основного матеріалу дослідження. Наразі на МКС застосовують декілька способів регенерації води:

- конденсація вологи з повітря;
- очищення використаної води;
- переробка сечі і твердих відходів.

На МКС встановлено спеціальну апаратуру, яка конденсує вологу з повітря. Волога в повітрі – це природно, вона є і в космосі, і на Землі. В процесі життєдіяльності космонавти можуть виділяти до 2,5 л рідини за добу. Окрім цього, на МКС є спеціальні фільтри для очищення використаної води. Але враховуючи те, як миються космонавти, побутова витрата води значно відрізняється від земної. Переробка сечі і твердих відходів – це нова розробка, що використовується на МКС лише з 2010 року.

На даний момент для функціонування МКС потрібно близько 9 000 л води в рік. Це узагальнена цифра, яка відображає усі витрати. Воду на МКС регенерують приблизно на 93 %, тому обсяги поставок істотно нижчі. Але не варто забувати, що з кожним повним циклом використання води її загальний об'єм зменшується на 7 %, це робить МКС залежною від поставок із Землі.

Сучасні російські системи регенерації води СРВ-К2М та Електрон-ВМ дозволяють забезпечити космонавтів на МКС водою на 63 % [3]. Біохімічний аналіз показав, що регенована вода не втрачає своїх початкових властивостей і повністю придатна для пиття. Нині вчені працюють над створенням більш замкнутої системи, яка дозволить забезпечити космонавтів водою на 95 %. Існують перспективи розвитку систем очищення, які забезпечать на 100 % замкнутий цикл.

Нова комплексна система життєзабезпечення Міжнародної космічної станції ґрунтована на системі рециркуляції води, з використанням спеціально розроблених фільтрів і хімічних процесів, які очищають відпрацьовані рідини, – особливо сечу і піт астронавтів – так, що вони перетворюються на освіжаючу питну воду (рис. 2) [4].

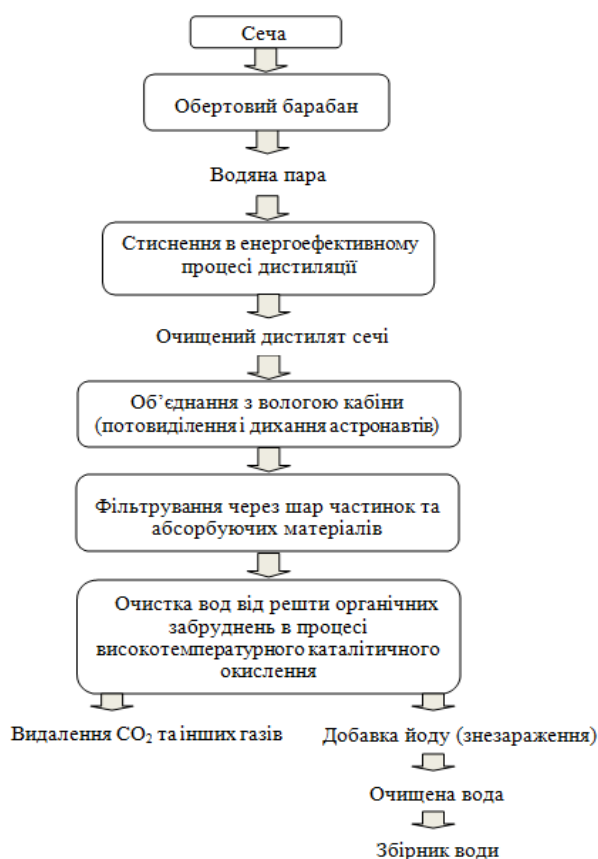


Рис. 2. Технологічна схема очищення сечі астронавтів у питну воду, розроблена в Центрі космічних польотів ім. Маршала НАСА (США) та встановлена в лабораторії МКС

Система, яка може виробляти 2 800 л води в рік, принципово важлива, тому що вона дозволяє в МКС розмістити шість членів екіпажу, а не три, і знижує кількість свіжої води, доставка якої всередину космічного корабля із Землі дуже дорога. Щоб відправити до космосу 1 кг вантажу потрібно витратити 40 000 доларів, а 1 л води в космосі коштує 70 000 доларів. Ці очисні споруди дуже важливі для життя на станції, отож такі системи – ключ до майбутніх польотів людини на Місяць і на Марс.

Система розроблена в Центрі космічних польотів ім. Маршала НАСА в Хантсвіллі, штат Алабама. Вона вийшла на орбіту в листопаді 2008 року на борту космічного корабля «Shuttle Endeavour».

У цій системі сеча спрямовується у барабан, що обертається з великою швидкістю, виділяючи водяну пару. Ця пара стискається в «енергоефективному процесі дистиляції» і дає «очищений дистилят сечі»,

який ще недостатньо чистий, щоб його могли пити астронавти.

Потім цей дистилят поєднується з іншими джерелами стічних вод (водою з кабіни, виробленою потовиділенням і диханням астронавтів). Об'єднані стічні води пропускаються через зернистий фільтр і шар матеріалів, що абсорбуються, які використовуються в комерційних стільникових системах очищення води.

На останньому етапі для очищення вод від органічних забруднень, що залишилися, воду пропускають через процес високотемпературного окиснення. Вода нагрівається, вводиться кисень для окиснення забруднювальних речовин до діоксиду вуглецю й інших газів, які легше видалити. Знезаражують воду додаванням йоду.

Щоб оцінити роботу системи, проби питної води постійно збирають і відправляють на Землю для тестування.

Нова система являє собою частину плану щодо збільшенню числа членів екіпажу, які можуть адекватно жити на МКС, не покладаючись значною мірою на постачання із Землі.

Система очищення води – це невелика, але фундаментальна частина модернізації МКС НАСА яка також відправила на космічний корабель нові житла для екіпажу і тренажери.

Забезпечення астронавтів достатньою кількістю питної води – один із найскладніших моментів для визначення довгострокових космічних подорожей. Вода важка, швидко використовується, дорого коштує шлях потрапляння її на орбіту. Для порівняння: запуск космічного корабля коштує 10 000 доларів за фунт, а галон води важить 8,33 фунта (галон – 3,785 л) [5].

Астронавти обмежені трьома галонами води в день у космосі, але навіть такі обмеження не надто зменшують вартість їх перебування на орбіті, що обходиться 249 000 доларів щодня. Астронавти п'ють очищену сечу з 2009 року, але система, яку вони використовують нині, – важка, повільна і схильна до поломки.

Тому астронавти на МКС випробовують новий спосіб, який запропонувала датська біотехнологічна компанія «Aquaporin A/S» [6]. У цій системі використовується фільтр, в якому містяться білки аквапорину, що видаляють тільки чисту воду з сечі, поту, стічних вод та інших джерел рідини, наявних у космосі. Молекули аквапоринів – це білки, які живуть усередині клітинних мембран, що дуже ефективно пропускають воду та затримують інші забруднення. Ці білки використовують як будівельні блоки у виготовленні мембран.

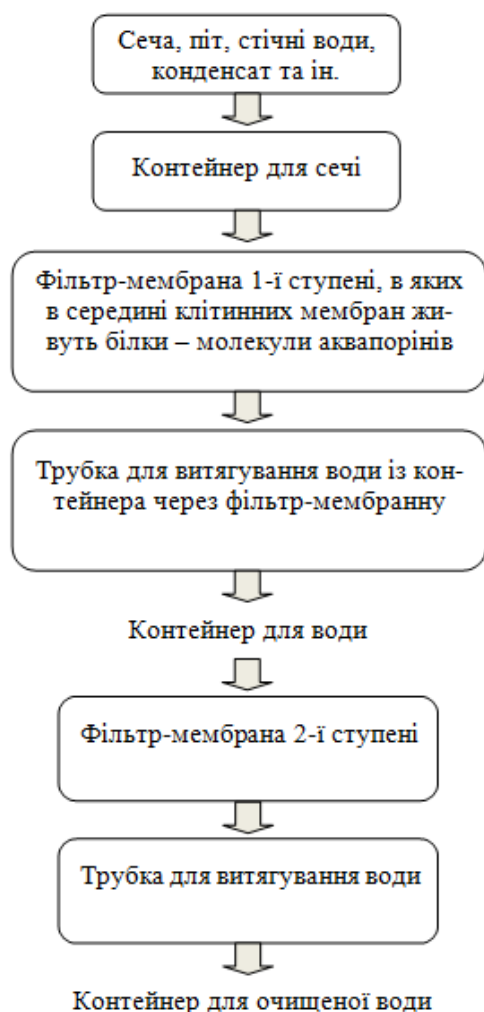


Рис. 3. Технологічна схема очищення стічних вод на МКС, розроблена датською біотехнологічною компанією «Aquaporin A/S»

Фільтр працює в основному так само, як наша нирка (рис. 3). Система являє собою дві трубки, підключені до джерела енергії. Він витягає літр сечі з одного контейнера через фільтр і випускає в інший контейнер менше ніж за хвилину. Пристрій маленький,

легкий і менш схильний до засмічення, ніж фільтри, які використовуються нині.

«Aquaporin A/S» працює з NASA з 2011 р. і проходить випробування на МКС в умовах космосу.

Мета нашого дослідження – розроблення технології очищення стічних (використаних) вод в умовах космосу. У цьому напрямі робляться перші кроки, які надалі вимагають детальнішого вивчення і дослідження.

Абсолютно очевидно, що в умовах тривалих космічних польотів застосування систем водозабезпечення, ґрунтованих на запасах, неможливе. У зв'язку з цим одним із найбільш пріоритетних завдань постало розроблення технологічної схеми регенерації води [7].

У космосі використовують такі дані в розрахунку води на одну людину на добу [8]:

- 2,2 літра – питні витрати та приготування їжі;
- 0,2 літра – гігієна;
- 0,3 літра – змивання туалету.

Ми вивчили кількість речовин, що забруднюють воду, на одного жителя для визначення їх концентрації в побутових стічних водах за таблицею [9]. Концентрацію забруднювальних речовин визначають виходячи з питомого водовідведення на одного жителя.

Уперше регенерація води в космосі була здійснена на космічній станції «Салют-4» у січні 1975 року. У системі регенерації води з конденсату (СРВ-К) регенерували воду з атмосферної вологи до кондиції питної води. Надалі аналогічні системи працювали на станціях «Салют-6», «Салют-7», «Мир». На станції «Мир» працювала також система регенерації води із сечі і проходила випробування система регенерації санітарно-гігієнічної води [10].

Важливо зазначити, що в космічних умовах у сечі астронавтів сильно підвищується вміст кальцію. Фільтри для переробки сечі, спроектовані на Землі, не розраховані на такий біохімічний склад сечі і тому швидко стають непридатними.

Відстоювання використаних вод не працюватиме в умовах космосу, оскільки немає гравітації, але її успішно можна замінити на відстійні центрифуги спеціальної конструкції.

Спорудами для очищення стічних і питних вод в умовах невагомості (космосу) можуть бути різні реактори. Такі реактори можна виконати з різних матеріалів (метал, пластик тощо), вони не містять нестандартного устаткування, яке вимагає заводського виготовлення [11].

Компактність, повна герметичність і невеликі габарити біо- і фізико-хімічних реакторів дозволяють установлювати їх на МКС. Процес очищення простий у керуванні і може бути повністю автоматизований. Кількість необхідних контрольованих параметрів мінімальна, наприклад, для аеробних біореакторів – це температура, водневий показник (pH) і хімічне споживання кисню (ХПК) очищеного стоку.

Таблиця

Кількість забруднювальних речовин на одного жителя

Показник	Кількість забруднювальних речовин на одного жителя, г/доб
Зважені речовини	65
Біологічне споживання кисню (БСК ₅) неосвітленої рідини	54
Біологічне споживання кисню (БСК _{повн}) освітленої рідини	75
Хімічне споживання кисню (ХСК) неосвітленої рідини	87
Азот загальний (N), у тому числі азот амонійних солей	11 8
Фосфор загальний (P), у тому числі фосфор фосфатів	1,8 1,44
Хлориди (Cl)	9
Поверхнево активні речовини (ПАР)	2,5

Процес стійкий і до пікових навантажень, і до зміни якості вод, що надходять.

За методом очищення стічних вод реактори поділяються на [11]:

1. Біологічні, які, у свою чергу, класифікують:

- за поданням повітря;
- за іммобілізацією мікроорганізмів в апараті;
- за конструктивними особливостями;
- за конструктивно-технологічними ознаками.

2. Фізико-хімічні (хімічні, електрохімічні, фізичні тощо).

3. Біофізико-хімічні (мембранні біореактори).

На МКС використання газів (хлору, озону та ін.) для знезараження води становить небезпеку для космонавтів у разі їх витоку.

Нині в пасажирських літаках для знезараження питної води використовують дорогу установку для дезінфекції на основі

спеціальних ультрафіолетових ламп [12]. Такі системи потребують заміни ламп кожні 3 000 годин роботи, що спричинює значні витрати.

У новій системі знезараження води, розробленій канадською компанією International Water Guards, використовують ультрафіолетові світлодіоди [13]. Таким чином вдалося понизити вартість системи порівняно із системою на ультрафіолетових лампах. Тому ми рекомендуємо для знезараження стічних і питних вод на МКС цю систему.

Вищесказане підкреслює тезу і про необхідність, і про можливість регенерації води на Міжнародних космічних станціях. Розроблена авторами технологічна схема (рис. 4) передбачає обробку стічних вод на МКС та їх замкнуте використання.

Як зазначалося вище, в умовах космосу і відсутності гравітації використання відстійників марне. Тому ми пропонуємо для відстоювання стічних вод і видалення піску встановлювати осаджувальні

центрифуги спеціальних конструкцій [14; 15]. Для очищення вод від розчинених речовин ми пропонуємо реактори, а точніше, мембранні біореактори нового покоління.

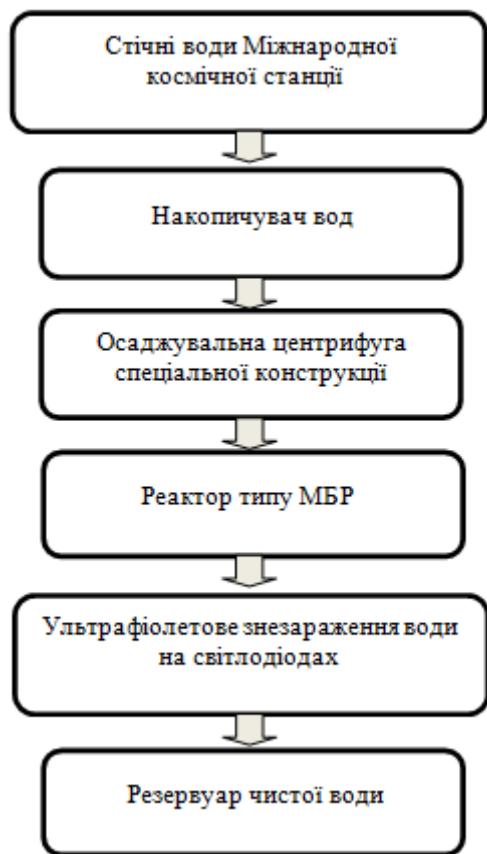


Рис. 4. Технологічна схема очищення стічних вод на Міжнародній космічній станції

Мембранні біореактори (МБР) – це сучасні високоінтенсивні споруди для біологічного очищення стічних вод [16]. На відміну від класичної схеми біологічного очищення з розділенням мулової суміші у вторинних відстійниках, в мембранних біореакторах відділення пластівців активного мулу від очищених стічних вод досягається за рахунок фільтрації мулової суміші через ультрафільтраційну або мікрофільтраційну мембрану з розміром пор у діапазоні від 0,04 до 0,4 мікрона.

Основний компонент МБР – касети, що складаються з мембранних модулів. Мембрани можуть мати форму порожнистого волокна або двох плоских листів із підкладкою з полімерного матеріалу [11; 17]. Касети занурені безпосередньо в мулову суміш. За

допомогою самовсмоктувального насоса на внутрішній поверхні мембран створюється негативний тиск. Таким чином, завдяки різниці тисків на зовнішній і внутрішній поверхні мембрани стічні води фільтруються через мембранний шар. Отримана чиста вода (пермеат) відводиться насосом фільтрату.

Окремі мікроорганізми (бактерії) активного мулу мають розмір, що на порядок перевищує розмір пор мембран. Тому мембрана затримує пластівці активного мулу, мікроорганізми, які вільно плавають у процесі фільтрації, та інертні зважені речовини, а видаляють їх із поверхні мембрани за допомогою системи аерації.

Переваги використання МБР:

1) менша кількість споруд – МБР замінює вторинні відстійники, аеротенки і піщані фільтри;

2) компактність – концентрація активного мулу у МБР в кілька разів вища, ніж у традиційних спорудах, відповідно, в таку ж кількість разів менший об'єм споруд;

3) можливість цілорічної нітрифікації навіть в умовах холодного клімату – в традиційних спорудах зі зниженням температури швидкість зростання нітрифікаторів знижується, і вони вимиваються з реактора;

4) селекція мікроорганізмів, які здатні окиснювати біорезистентні речовини, – мікроорганізми, що повільно ростуть і мають таку здатність, завдяки мембрані не вимиваються з реактора. Отже, ефективність очищення по важкоокиснювальних речовинах в МБР значно вища, ніж у системі аеротенк – відстійник;

5) зручність процесу – повністю автоматизований;

6) надійна експлуатація – робота споруд не залежить від осаджуваності мулу (мулового індексу), його спухання і тощо;

7) знезараження стічних вод – пори мембран менші за розмір бактерій.

І, на закінчення, ми пропонуємо для знезараження вод застосовувати УФ-світлодіодні лампи. В умовах космосу і відсутності гравітації для руху води

пропонуємо застосовувати насоси нового покоління.

Висновки. На борту МКС воду використовують не лише для пиття і забезпечення життєдіяльності екіпажу а й функціонування систем станції. Вода – це необхідний компонент для відновлення сублімованих продуктів харчування.

Ми розробили технологію і запропонували схему очищення стічних вод в умовах космосу. Також проаналізовано

роботу існуючих споруд для очищення стічних вод в умовах космосу і розроблено рекомендації щодо їх використання на МКС.

На МКС має бути передбачена система обробки стічних вод і їх замкнутого використання, оскільки постачання станцій новою водою значно здорожчує освоєння космічного простору, а якісна вода – це здоров'я і благополучна робота людей в умовах космосу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міжнародна космічна станція (МКС). *Все про космос*. URL : <https://aboutspacejournal.net>
2. Wang Y., Pham H. Water Treatment Plant Ancillary Facilities : Unsung Heroes of Hurricane Harvey. *Journal American Water Works Association*. 2019. Vol. 111, iss. 8. Pp. 81–100. DOI: <https://doi.org/10.1002/awwa.1339>
3. Синяк Ю. Е. Актювая речъ. Системы жизнеобеспечения обитаемых космических объектов. Москва : ИБМП РАН, 2008. С. 3–28.
4. Sauser Brittany. Purified Urine in Space. MIT Technology Review. December 19, 2008.
5. Hansman Heather. A new efficient filter helps astronauts drink their own urine. *Smithsonian magazine*. September 11, 2015.
6. Долина Л. Ф., Ждан Ю. О., Долина Д. А. Очистка сточных вод в условиях космоса. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Серія : Наука та прогрес транспорту*. 2020. № 2 (86). С. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/202612>
7. Gupta G. S., Orbán S. A. Water is life, life is water : (Un) sustainable use and management of water in the 21st century. *Corvinus Journal of Sociology and Social Policy*. 2018. Vol. 9, № 1. Pp. 81–100. DOI: <https://doi.org/10.14267/CJSSP.2018.1.04>
8. Аристов Н. И. Космическое питание. Технологии. История и современность. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. Т. 3. С. 980–982.
9. ДБН В.2.5-75-2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 128 с.
10. Сальников Н. А. Исследование очистки санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водоснабжения летательных аппаратов. *Научный вестник МГТУ ГА*. 2016. Т. 19, № 3. С. 157–165.
11. Долина Л. Ф. Реакторы для очистки сточных вод : учеб. пособ. ДГ ТУЖТ: Стандарт, 2001. 82 с.
12. Водные хроники. Научные новости. *Вода и водные технологии*. 2019. № 2 (92). 22 с.
13. LED light technology to purify water on airliners. *Flight Global*, 2019. URL: https://www.flightglobal.com/systems-and-interiors/aix-led-light-technology-to-purify-water-on-airliners/132154_article
14. Anderson N. G. Zonal Centrifuges and Other Separation Systems. *Science*. 1966. Vol. 154, iss. 3745. Pp. 103–112. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.154.3745.103>
15. Giorno L., Drioli E. Biocatalytic membrane reactors: applications and perspectives. *Trends of biotechnology*. 2000. Vol. 18, iss. 8. Pp. 339–349. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(00\)01472-4](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(00)01472-4)
16. Долина Л. Ф. Современная техника и технология для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: монография. Днепропетровск : Континент, 2008. 254 с.
17. Долина Л. Ф. Новые методы и оборудования для обеззараживания сточных и природных вод : монография. Днепропетровск : Континент, 2003. 218 с.

REFERENCES

1. *Mizhnarodna kosmichna stantsiya (MKS)* [International Space Station (ISS)]. *Vse pro kosmos : journal* [All About Space : Magazine]. URL : <https://aboutspacejournal.net> (in Ukrainian).
2. Wang Y. and Pham H. Water Treatment Plant Ancillary Facilities : Unsung Heroes of Hurricane Harvey. *Journal American Water Works Association*. 2019, vol. 111, iss. 8, pp. 81–100. DOI: <https://doi.org/10.1002/awwa.1339>
3. Sinyak Yu. E. *Aktovaya rech'. Sistemy zhizneobespecheniya obitaemykh kosmicheskikh ob'ektov* [Act speech. Life support systems for inhabited space objects]. Moscow : IBMP RAN, 2008, pp. 3–28. (in Russian).
4. Sauser Brittany. Purified Urine in Space. MIT Technology Review. December 19, 2008.

5. Hansman Heather. A new efficient filter helps astronauts drink their own urine. Smithsonian magazine. September 11, 2015.
6. Dolina L.F., Zhdan Yu.O. and Dolina D.A. *Ochistka stochnykh vod v usloviyakh kosmosa* [Wastewater treatment in space.]. *Visnik Dnipropetrovs'kogo natsional'nogo universitetu zaliznichnogo transport. Seria : Nauka ta progres transportu* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. Series : Science and Progress in Transport.]. 2020, no. 2 (86), pp. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/202612> (in Russian).
7. Gupta G.S. and Orbán S.A. Water is life, life is water : (Un) sustainable use and management of water in the 21st century. *Corvinus Journal of Sociology and Social Policy*. 2018, vol. 9, no. 1, pp. 81–100. DOI: <https://doi.org/10.14267/CJSSP.2018.1.04>
8. Aristov N.I. *Kosmicheskoe pitanie. Tekhnologii. Istoriya i sovremennost'. Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики* [Space food. Technologies. History and modernity. Actual problems of aviation and astronautics]. 2017, vol. 3, pp. 980–982. (in Russian).
9. DBN V.2.5-75-2013. *Kanalizatsiya. Zovnishni merezhi ta sporudi. Osnovni polozhennya proektuvannya* [DBN B.2.5-75-2013. Sewerage. External networks and structures. Basic design provisions]. Kyiv : Minregion Ukraïni, 2013, 128 p. (in Ukrainian).
10. Sal'nikov N.A. *Issledovanie ochistki sanitarno-gigienicheskoi vody v zamknutoi sisteme vodo-obespecheniya letatel'nykh apparatov* [Study of sanitary and hygienic water purification in a closed water supply system for aircraft]. *Nauchnyi vestnik MGTU GA* [Scientific Bulletin of MSTU GA]. 2016, vol. 19, no. 3, pp. 157–165. (in Russian).
11. Dolina L.F. *Reaktory dlya ochistki stochnykh vod: uchebnoe posobie* [Wastewater Reactors : a Study Guide]. DG TUZhT : Standart Publ., 2001, 82 p. (in Russian).
12. *Vodnye khroniki : Nauchnye novosti* [Water Chronicles. Scientific news.]. *Voda i vodnye tekhnologii* [Water and water technologies]. 2019, no 2 (92), 22 p. (in Russian).
13. LED light technology to purify water on airliners. *Flight Global*, 2019. URL: <https://www.flightglobal.com/systems-and-interiors/aix-led-light-technology-to-purify-water-on-airliners/132154.article>
14. Anderson N.G. Zonal Centrifuges and Other Separation Systems. *Science*. 1966, vol. 154, iss. 3745, pp. 103–112. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.154.3745.103>
15. Giorno L. and Drioli E. Biocatalytic membrane reactors: applications and perspectives. *Trends of biotechnology*. 2000, vol.18, iss. 8, pp. 339–349. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(00\)01472-4](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(00)01472-4)
16. Dolina L.F. *Sovremennaya tekhnika i tekhnologiya dlya ochistki stochnykh vod ot soley tyazhelykh metallov : monografiya* [Modern equipment and technology for wastewater treatment from heavy metal salts : monograph]. Dnipropetrovsk : Kontinent, 2008, 254 p. (in Russian).
17. Dolina L. F. *Novye metody i oborudovaniya dlya obezzarazhivaniya stochnykh i prirodnykh vod : monografiya* [New methods and equipment for the disinfection of waste and natural waters : monograph]. Dnipropetrovsk : Kontinent, 2003, 218 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 10.05.2021.

УДК 631.348

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.85.770

РУЧНА РОЗРОБКА ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ҐРУНТУ ПРИСАДИБНИХ ДІЛЯНОК ЛОПАТАМИ ЕРГОНОМІЧНИМ СПОСОБОМ КОПАННЯ

КОЛІСНИК М. П.¹, канд. техн. наук, проф.,
ШЕВЧЕНКО А. Ф.², канд. техн. наук, доц.,
ЗАЯЦЬ Г. В.³, канд. техн. наук, доц.,
ЧЕРВОНОШТАН А. Л.^{4*}, інж.

¹ Кафедра експлуатації та ремонту машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 420-29-49, e-mail: kolisnyk.mykola@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6228-0939

² Кафедра експлуатації та ремонту машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 563-27-70, e-mail: Sevcenkoandrei600@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6926-3365

³ Кафедра експлуатації та ремонту машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 274-25-01, e-mail: zaya-i@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7405-7259

^{4*} Кафедра експлуатації та ремонту машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 024-05-22, e-mail: Andrew.chervonoshtan@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-3458-0034

Анотація. *Постановка проблеми.* У виборі способу розробки ґрунту, як правило, керуються тим, щоб певну площу ділянки обробити у короткі терміни і з найменшими зусиллями та енергозатратами. На невеликих присадибних ділянках розробку ґрунту виконують вручну садовими лопатами без використання механізованих або електромеханізованих засобів. Такі лопати мають гострий металевий розширений наконечник та дерев'яний держак. Вони знайшли широке застосування завдяки їх відносній дешевизні, але мають малу продуктивність, бо їх ширина складає 0,20...0,24 м. Зазначимо, що під час копання садовими лопатами необхідно підіймати відділений ґрунт, отож основне навантаження припадає на руки. Тому запропоновано та обґрунтовано доцільність використання ергономічної лопати для ручного перекопування верхніх шарів ґрунту присадибних та паркових ділянок, де недоцільно використовувати механізовані або електромеханізовані засоби. Наведено конструкцію та параметри лопати ергономічної, послідовність циклу копання ґрунту з ілюстрацією його етапів, силові характеристики, швидкісні та траєкторні параметри ґрунтового «тіла», що відділяється від масиву за цикл. **Мета статті** – обґрунтування ефективності конструкції лопати ергономічної, принципу використання та ергономічних і економічних особливостей. **Висновки.** Обґрунтовано доцільність та ефективність використання лопати ергономічної для перекопування верхнього шару ґрунту в обмежених обсягах. Проілюстровано використання м'язових зусиль працівників. Ручне підіймання та безпосереднє ручне перекидання ґрунту відсутні. Продуктивність працівника складає до 20...30 м² за годину, що у 2–3 рази більше, ніж звичайною лопатою, та з меншими трудозатратами.

Ключові слова: лопата ергономічна; цикл копання; відділений об'єм ґрунту; траєкторія; зусилля копання; продуктивність

MANUAL DEVELOPMENT OF THE SURFACE LAYER OF THE SOIL OF HOUSEHOLD PLOTS WITH ERGONOMIC SHOVELS

KOLISNYK M.P.¹, Cand. Sc. (Tech.), Prof.,
CHEVCHENKO A.F.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
ZAIATS H.V.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
CHERVONOSHTAN A.L.^{4*}, Eng.

¹ Department of the Repair and Maintenance of Machinery, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 420-29-49, e-mail: kolisnyk.mykola@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6228-0939.

² Department of the Repair and Maintenance of Machinery, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 563-27-70, e-mail: Sevcenkoandrej600@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6926-3365.

³ Department of the Repair and Maintenance of Machinery, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 274-25-01, e-mail: zaya-i@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7405-7259.

^{4*} Department of the Repair and Maintenance of Machinery, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 024-25-22, e-mail: Andrew.chervonoshtan@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-3458-0034.

Abstract. The selection of soil development is generally guided by the need to treat a certain area of the site in the shortest time and with the least effort and energy. In small household plots, the development of the grant is carried out by hand with garden shovels without the use of mechanized or electromechanized means. Such blades have a sharp metal extended tip and a wooden shaft. They are widely used due to their relative cheapness, but they have low productivity because their width is 0,20...0,24 m. It should be noted that when digging with garden shovels, it is necessary to raise removed soil and the main load is on hands. Therefore, the advisability of using an ergonomic shovel during manual digging of the upper layers of the soil of the backyard and park areas is proposed where it is not advisable to use mechanized or electro-mechanized means. The invention relates to the structure and parameters of the ergonomic shovel, the sequence of the soil digging cycle from the illustration of its stages, the energy characteristics and trajectory parameters of the ground «body», which is separated from the array per cycle. *The purpose of the article* is to justify the efficiency of the design of the shovel ergonomic, the principle of using and ergonomic, economic features. **Conclusions.** The feasibility and effectiveness of using an ergonomic shovel in a limited amount of topsoil is substantiated. The use of muscle strength of the workers is illustrated only when the shovel is rearranged and the levers are rotated while digging. There is no manual lifting and no direct manual overturning of the soil. The worker's productivity is up to 20...30 m² per hour, which is 2–3 times more than the usual shovel and with less labor.

Keywords: *shovel ergonomic; digging cycle; separable soil volume; trajectory; digging forces; productivity*

Постановка проблеми. Благоустрій присадибних та паркових ділянок виконується із використанням різних знарядь такими методиками [1]: різання клином, сепарація, розчавлювання, гравітаційне падіння, розколювання, зламування та ін. При цьому ці способи механічного руйнування ґрунту знайшли застосування у трьох основних системах обробітку: мінімальна, безвідвальна та відвальна.

За мінімального втручання в ґрунтову екосистему знижується мінімальними темпами природна родючість ґрунтів, скорочуються витрати на механічну обробку. При цьому широко використовують різні ручні знаряддя праці: лопати, сапки, граблі тощо, [2], якими обробляється верхній шар ґрунту глибиною на 200...300 мм, а саме, перекопується, розпушується та переміщується.

Зазначимо, що в цих випадках використання механізованих або електризованих засобів [3–5] для обробки малометражних обсягів робіт та їх

сезонність вважаються затратними та малоекономічними.

Тому автори пропонують випробувану зварну конструкцію лопати ергономічної [6; 7], яка містить лезо у вигляді вил із двома держакми (важелями) з ручками та труби з опорами криволінійної півкільцевої форми (рис. 1).

Мета дослідження – обґрунтування ефективності її конструкції, принципу використання та ергономічних і економічних особливостей.

Завдання досліджень:

- виявити основні геометричні параметри інструмента;
- проаналізувати зручність, доцільність та енергетичну ефективність використання лопати;
- аналітично дослідити взаємодію силових параметрів системи лопата – ґрунт;
- розглянути траєкторію відокремленого «тіла» ґрунту під час виконання циклу копання;
- визначити можливу продуктивність праці.

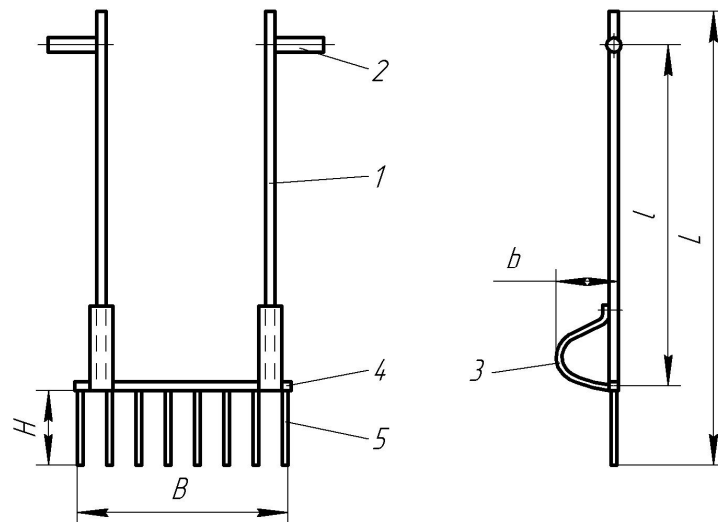


Рис. 1. Лопата ергономічна:

1 – важіль; 2 – ручка; 3 – опори; 4 – труба; 5 – вила

Виклад основного матеріалу. Цикл копання складається з етапів (рис. 2):

- установка лопати у вертикальне положення на ґрунт (рис. 2 а);
- заглиблення лопати зусиллям ноги копача на середину труби на глибину різків вил (рис. 2 б);
- повертання лопати важелями проти годинникової стрілки різкими зусиллями рук на ручки важелів (рис. 2 в);

- фіксація лопати (зупинення повертання) у просторі після повертання на умовний кут α (рис. 2 г) та подальшим рухом відділення об'єму ґрунту, падінням ґрунту із поворотом та розпушуванням (рис. 2 з);

- установка лопати на відстань кроку товщини відділюваного об'єму ґрунту в нову позицію аналогічно рисунку 2 а.

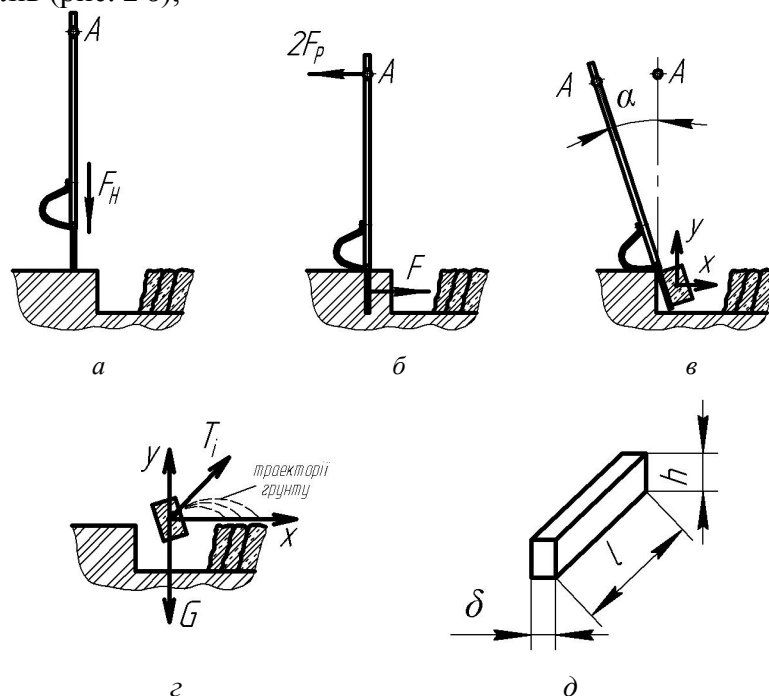


Рис. 2. Положення лопати (а–г) та відокремленого об'єму ґрунту:

F_H – сила навантаження ногою копача; $2F_P$ – дві сили рук копача; F – сила тиску лопати на об'єм відокремленого ґрунту; $\delta \times h \times l$ – товщина, висота та довжина відокремленого ґрунту; G – вага ґрунту; T_i – відцентрована сила тиску на відокремлений ґрунт; α – кут лопати під час копанні

Після від'єднання лопати від об'єму відокремлюваного ґрунту він перебуває у вільному польоті за дії ваги G та відцентрової сили T_i у початкових координатах x – y за траєкторією (рис. 2 з) тіла, кинутого під кутом до горизонту руху по параболі [8–10].

Робота, яку виконує копач (рис. 2 б):

$$A_K = \int_0^{\alpha} 2F_p \cdot l \cdot \sin \alpha d\alpha = 2F_p \cdot l \cdot \cos \alpha. \quad (1)$$

Робота сили тиску на відокремлене тіло ґрунту:

$$A_r = \int_0^{\alpha} F \cdot \frac{h}{2} \cdot \sin \alpha d\alpha = \frac{1}{2} F \cdot h \cdot \cos \alpha. \quad (2)$$

Оскільки ці роботи виконуються одночасно, то:

$$A_K = A_r,$$

а сила тиску лопати на тіло ґрунту дорівнює:

$$F = \frac{4 \cdot F_p \cdot l}{h}. \quad (3)$$

Якщо співвідношення прийняти $\frac{l}{h} \approx 3$, то відношення зусиль рук до опору складе $\frac{F_p}{F} \approx 12$, де горизонтальне x та вертикальне y переміщення відокремленого тіла ґрунту в циклі копання визначається залежностями:

$$x = V \cdot t \cdot \cos \alpha; \quad (4)$$

$$y = V \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2}, \quad (5)$$

де x , y – горизонтальна та вертикальна координати центра ваги; V – швидкість переміщення; t – тривалість часу; α – кут повороту важелів.

Оскільки у нашому випадку важливе переміщення по горизонталі на один крок копання δ , а $x = \delta$, то із (4) маємо тривалість руху важелів:

$$t = \frac{\delta}{V \cdot \cos \alpha}. \quad (6)$$

За цей же проміжок часу відокремлений об'єм ґрунту повинен переміститись до рівня ґрунту, або $y = 0$.

Підставивши у залежність (5) значення (6) швидкості тіла ґрунту в кінці повертання важелів, отримали необхідне значення швидкості:

$$V = \sqrt{\frac{\delta \cdot g}{2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \alpha}}. \quad (7)$$

Таким чином, необхідна швидкість руху ручок важелів лопати під час відокремлення тіла ґрунту від масиву залежить від товщини тіла δ та кута повороту важелів.

Прийнявши, що практично кут може змінюватися $20^\circ \leq \alpha^\circ \leq 45^\circ$, а товщину тіла ґрунту приймаємо, наприклад, $\delta = 0,15$ м, то необхідна зміна вектора швидкості тіла становитиме від 1,5 м/с до 1,2 м/с (табл., рис. 3).

Така швидкість руху ручок лопати при копанні відповідає можливостям людини-копача, що підтвердилось у нашому практичному експерименті.

Орієнтована година продуктивності копача може бути визначена як:

$$П = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} \cdot \delta \cdot l \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ м}^2/\text{год}, \quad (8)$$

де δ , l – ширина та довжина відокремлюваного тіла ґрунту за цикл копання, м; $K_1 = 0,8$ – коефіцієнт використання часу, який враховує періодичні відпочинки копача; $K_2 = 0,9$ – коефіцієнт врахування «похибки» копача при відокремленні товщини тіла гранта; $t_{\text{ц}}$ – термін одного циклу (хронометражний).

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{заг}} + t_{\text{пов}} + t_{\text{пер}},$$

де $t_{\text{уст}} = 4$ с – термін установки лопати;

$t_{\text{заг}} = 2$ с – термін заглиблення лопати;

$t_{\text{пов}} = 2$ с – термін повороту лопати;

$t_{\text{перт}} = 7$ с – термін перестановки лопати.

Тоді $t_{\text{ц}} = 4 + 2 + 2 + 7 = 15$ с, а продуктивність:

$$П = \frac{3600}{15} \cdot 0,15 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 259,2, \text{ м}^2/\text{год}.$$

Таблиця

Значення швидкості руху ручок важелів залежно від кута повороту

Кут повороту, α°	20	25	30	35	40	45
$\cos^2 \alpha$	0,883	0,821	0,75	0,671	0,587	0,500
$\operatorname{tg} \alpha$	0,364	0,466	0,577	0,700	0,839	1,00
V, м/с	1,513	1,387	1,304	1,25	1,222	1,213

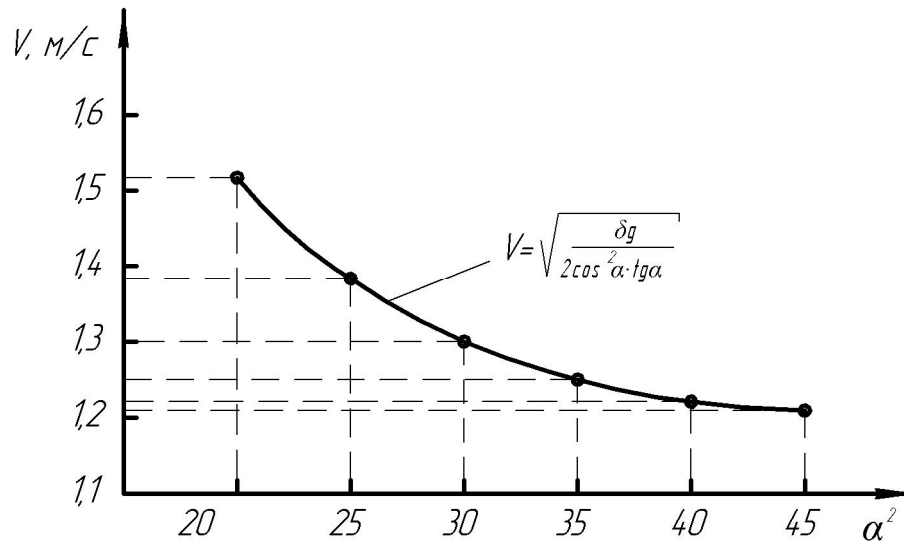


Рис. 3. Динаміка зміни швидкості руху важелів від кута повороту

Висновки

1. Обґрунтовано доцільність та ефективність використання лопати ергономічної для перекопування верхнього шару ґрунту в обмежених обсягах.

2. Проілюстровано використання м'язових зусиль робітника тільки під час перестановки лопати та повертання

важелів у процесі копання. Ручне підіймання та безпосереднє ручне перекидання ґрунту відсутні.

3. Продуктивність робітника складає до 20...30 м² за годину, що у 2...3 рази більше, ніж звичайною лопатою, та з меншими трудозатратами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Багей С. В., Шувар А. І. Екологічне землеробство : підруч. Львів : Новий світ., 2007. 429 с.
- Соргутов І. В., Береснев В. А. Технология производства земляных работ : учеб. пособ. Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2019. 116 с.
- Семків О. М., Шатохін В. М. Розрахунки робочого органа ланцюгового ґрунтометального механізму. *Прикладна геометрія та інженерна графіка : міжвідомчий наук.-техн. зб.* Вип. 87. Київ : КНУБА, 2011. С. 303–312 с.
- Семків О. М. Дослідження траєкторії руху частинки ґрунту після металника : XIV Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь. 2012. С. 20.
- Попова А. М., Шахотін В. М. Дослідження руху частинки ґрунту по лопатці : результати комп'ютерних експериментів. *Сучасні проблеми геометричного моделювання : тези доповідей XIV Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь, 2012. С. 180.
- Колісник М. П., Заяць Г. В., Червоноштан А. Л., Шевченко А. Ф. Пат. 144351 Україна, МПК А 01 В 1/02. Лопата ергономічна. № u202001983; заявл. 23.03.2020; опубл. 25.09.2020, Бюл. № 18.
- Колісник М. П., Червоноштан А. Л., Заяць Г. В., Шевченко А. Ф. Пат. 147292 Україна, МПК А 01 В 1/02. Лопата ергономічна. № u202007114; заявл. 06.11.2020; опубл. 28.04.2021, Бюл. № 17.
- Кильчевский Н. А., Ремизов Н. И., Шепелевская Н. Н. Основы теоретической механики. Киев : Техника, 1968. 261 с.
- Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. Главная редакция физико-математической литературы. Москва : Наука, 1986. 120 с.

10. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике. Изд. 27-е, испр. Москва : Наука, 1986. 120 с.

REFERENCES

1. Bahei S.V. and Shuvar A.I. *Ekolohichne zemlerobstvo: pidruchnyk* [Organic farming: a textbook]. Lviv : Novyi svit, 2007, 429 p. (in Ukrainian).
2. Sorgutov I.V. and Beresnev V.A. *Tehnologiya proizvodstva zemlyanyh rabot : uchebnoe posobie* [Excavation technology : a tutorial]. Perm' : IPC "Prokrost", 2019, 116 p. (in Russian).
3. Semkiv O.M. and Shatokhin V.M. *Rozrakhunky robochoho orhana lantsiuhovoho hruntometalnoho mekhanizmu* [Calculations of the working body of the chain soil-metal mechanism]. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika : Mizhvidochnyi naukovu-tekhnichnyi zbirnyk* [Applied Geometry and Engineering Graphics : Interdisciplinary scientific and technical collection]. Vol. 87, Kyiv : KNUBA, 2011, pp. 303–312. (in Ukrainian).
4. Semkiv O.M. *Doslidzhennia traiektorii rukhu chastynky hranta pislia metalnyka* [Investigation of the trajectory of the grant particle after the thrower]. *XIV Mizhnarodna naukovu-praktychna konferentsiia* [XIV International scientific-practical conference]. Melitopol', 2012, p. 20. (in Ukrainian).
5. Ponoza A.M. and Shakhotin V.M. *Doslidzhennia rukhu chastynky gruntu po lopatsi: rezultaty komp'iuternykh eksperymentiv* [Investigation of the movement of soil particles on the blade: the results of computer experiments.]. *Suchasni problemy heometrychnoho modeliuвання : Tezy dopovidei XIV Mizhnarodnoy naukovu-praktychnoy konferentsii* [Modern problems of geometric modeling : Abstracts of the XIV International scientific-practical conference]. Melitopol', 2012, p. 180. (in Ukrainian).
6. Kolisnyk M.P., Zaiats H.V., Chervonoshtan A.L. and Shevchenko A.F. *Pat. 144351 Ukraina, MPK A 01 V 1/02. Lopata erhonomichna. – № u202001983; zaiavl. 23.03.2020; opubl. 25.09.2020, Biul. № 18* [Stalemate. 144351 Ukraine, IPC A 01 B 1/02. The shovel is ergonomic. No. u202001983; declared 23.03.2020; publ. 25.09.2020, Bull. no. 18.]. (in Ukrainian).
7. Kolisnyk M.P., Chervonoshtan A.L., Zaiats H.V. and Shevchenko. *Pat. 147292 Ukraina, MPK A 01 V 1/02. Lopata erhonomichna. № u202007114; zaiavl. 06.11.2020; opubl. 28.04.2021, Biul. № 17* [Stalemate. 147292 Ukraine, IPC A 01 B 1/02. The shovel is ergonomic. No. u202007114; declared 11/06/2020; publ. 28.04.2021, Bull. no. 17]. (in Ukrainian).
8. Kil'chevskij N.A., Remizov N.I. and Shepelevskaya N.N. *Osnovy teoreticheskoy mehaniki* [Fundamentals of theoretical mechanics]. Kyiv : Tehnika Publ., 1968, 261 p. (in Russian).
9. Targ S.M. *Kratkij kurs teoreticheskoy mehaniki* [A short course in theoretical mechanics]. The main editorial office of physical and mathematical literature. Moscow : Science Publ., 1986, 120 p. (in Russian).
10. Vygodskij M.Ya. *Spravochnik po elementarnoj matematike* [Handbook of Elementary Mathematics]. Ed. 27th, rev. Moscow: Science, 1986, 120 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 27.05.2021.

УДК 519.237.8:669-1

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.91.771

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ У ДОСЛІДЖЕННІ СТРУКТУРНОГО СТАНУ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ

ЛАУХІН Д. В.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

БЕКЕТОВ О. В.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,

ТЮТЕРЄВ І. А.³, *канд. техн. наук, доц.*,

СЛУПСЬКА Ю. С.⁴, *аспір.*,

РОТТ Н. О.⁵, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-30, e-mail: d.v.laukhin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9842-499X

^{2*} Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: lab120@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0664-0327

³ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: lab120@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-1224-3355

⁴ Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: slupska.yuliia@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7983-1602

⁵ Кафедра конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького, 19-г, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (0567) 44-73-39., e-mail: natalyrott@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3839-6405

Анотація. *Постановка проблеми.* Застосування математичного апарату факторного аналізу дозволяє досліджувати стабільність кореляційних зв'язків між окремими змінними. Саме кореляційні зв'язки між самими змінними, а також між змінними та виділеними факторами містять основну інформацію про стадії розвитку процесу. Результати факторного аналізу будуть інформативними, якщо можлива їх інтерпретація з точки зору фізичного сенсу як досліджуваного процесу, так і чинників, які було отримано внаслідок застосування факторного аналізу. Тому, виділяючи фактори, які будуть застосовуватися для подальшого аналізу, слід керуватися не тільки математичними методами, а й фізичним сенсом виділення факторів. Таким чином, застосування факторного аналізу для дослідження матеріалознавчих задач (наприклад, процесу зварювання) зводиться до пошуку й аналізу найбільш значимих характеристик процесу (факторів) серед масиву даних, які можна отримати під час досліджуваного процесу. **Мета** – дослідження взаємозв'язку між структурним станом по зонах зварного з'єднання після лазерного зварювання зразків зі сталі 10ХСНД із застосуванням математичного апарату факторного аналізу. **Висновок.** Виконано дослідження взаємозв'язку розподілу структурного стану по зонах зварного з'єднання із застосуванням математичного апарату факторного аналізу.

Ключові слова: *факторний аналіз; факторні навантаження; метод головних компонент; обертання факторного рішення; лазерне зварювання; структурний стан зварного з'єднання*

USE OF FACTOR ANALYSIS METHODS IN THE STUDY OF THE STRUCTURAL STATE OF THE WELDED JOINT AFTER LASER WELDING

LAUKHIN D.V.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

BEKETOV O.V.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

TIUTEREV I.A.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

SLUPSKA Yu.S.⁴, *Postgraduate Student*,

ROTT N.O.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

¹ Department of Material Science and Treatment of Materials, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-30, e-mail: d.v.laukhin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9842-499X

^{2*} Department of Material Science and Treatment of Materials, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: lab120@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0664-0327

³ Department of Material Science and Treatment of Materials, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: lab120@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-1224-3355

⁴ Department of Material Science and Treatment of Materials, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-72, e-mail: slupska.yuliia@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7983-1602

⁵ Department of Design, Technical Aesthetics and Design, National Technical University "Dnieper Polytechnic", 19-r, ave. D.Yavornytsky, Dnipro, Ukraine, +38 (0567) 44-73-39., e-mail: natalyrott@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3839-6405

Abstract. Formulation of the problem. The use of the mathematical apparatus of factor analysis allows us to investigate the stability of correlations between individual variables. It is the correlations between the variables themselves, as well as between the variables and the selected factors that contain the basic information about the stage of development. The results of factor analysis will be informative if they can be interpreted from the point of view of the physical meaning of both the process under study and the factors that were obtained as a result of the application of factor analysis. Therefore, when identifying factors that will be used for further analysis, one should be guided not only by mathematical methods, but also by the physical meaning of identifying factors. Thus, the use of factor analysis in the study of material science problems (for example, the welding process) is reduced to the search and analysis of the most significant characteristics of the process (factors) among the data array that can be obtained during the process under study. **Purpose.** Investigation of the relationship between the structural state in the zones of the welded joint after laser welding of specimens from steel 10KhSND using the mathematical apparatus of factor analysis. **Conclusion.** In this work, the study of the relationship of the distribution of the structural state over the zones of the welded joint was carried out using the mathematical apparatus of factor analysis.

Keywords: factor analysis; factor loads; principal component analysis; factor solution rotation; laser welding; structural state of a welded joint

Постановка проблеми. В основі факторного аналізу лежить така гіпотеза [1]: параметри, які спостерігаються або вимірюються, – це лише побічні характеристики досліджуваного процесу. Разом із цим, існують приховані (латентні) параметри, що не спостерігаються безпосередньо. Кількість таких змінних буде визначати властивості процесу, який аналізується. Такі параметри мають назву «фактори». Виділення з масиву характерних факторів дає можливість аналізувати стан процесу на більшості стадіях розвитку [2–4].

Застосування математичного апарату факторного аналізу дозволяє досліджувати стабільність кореляційних зв'язків між окремими змінними. Саме кореляційні зв'язки між самими змінними, а також між змінними та виділеними факторами містять основну інформацію про стадії розвитку процесу. Результати факторного аналізу будуть інформативними, якщо можлива їх інтерпретація з точки зору фізичного сенсу як досліджуваного процесу, так і

чинників, які було отримано внаслідок застосування факторного аналізу. Тому у виділенні факторів, які будуть застосовуватися для подальшого аналізу, слід керуватися не тільки математичними методами, а й фізичним сенсом виділення факторів [5–9].

Таким чином, застосування факторного аналізу в дослідженні матеріалознавчих задач (наприклад, процесу зварювання) зводиться до пошуку й аналізу найбільш значимих характеристик процесу (факторів) серед масиву даних, які можна отримати під час досліджуваного процесу [10].

Мета – дослідження взаємозв'язку між структурним станом по зонам зварного з'єднання після лазерного зварювання зразків зі сталі 10ХСНД із застосуванням математичного апарату факторного аналізу.

Матеріал та методика. Як матеріал для дослідження обрано низьковуглецеву низьколеговану сталь 10ХСНД. Хімічний склад досліджуваної марки сталі наведений у таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад сталі 10ХСНД

Сталь	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	Fe
10ХСНД	до 0,12	0,8...1,1	0,5...0,8	0,5...0,8	до 0,04	до 0,035	0,6...0,9	–	до 0,008	0,4...0,6	–

Низьковуглецева низьколегована сталь 10ХСНД виготовлялася за технологічною схемою безперервної контрольованої прокатки за прикладом [11].

Експериментальне зварювання здійснювали на обладнанні Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України. Лазером зварювали стикові з'єднання пластин розміром $290 \times 140 \times 18$ мм із застосуванням Nd:YAG-лазера моделі DY 044 (фірми «Rofin Sinar», Німеччина) потужністю до 4,4 кВт із фокусною відстанню $F = 300$ мм. Випромінювання від лазера до об'єктива передавалося по

оптичному волокну діаметром 600 мкм. У процесі зварювання переміщалися зварювальна голівка із системою захисту. Коренева частина зварного шва міститься в атмосфері ($\text{Ar} + \text{CO}_2$). Ванна розплаву і її хвостова частина захищена за допомогою сопла зварювальної голівки. Швидкість зварювання становила 1,5 м/хв.

Дослідження будови зварного з'єднання здійснювалося на підставі літературних джерел [12–16], а також згідно з принципом розділення ділянок зварного з'єднання. Схематичне зображення структури наведено на рисунку 1 [15].

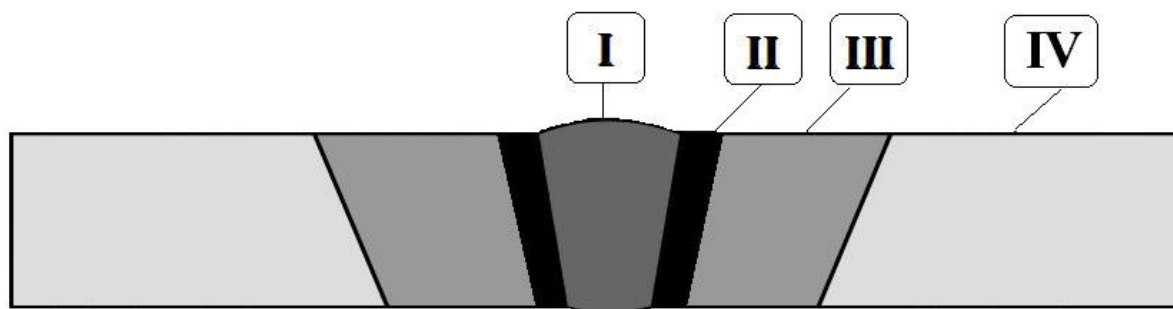


Рис. 1. Ділянки зварного з'єднання (за даними праці [15]) : ділянка I – зварний шов; ділянка II – межа зварного шва – зона термічного впливу; ділянка III – зона термічного впливу; ділянка IV – межа зони термічного впливу – основний метал [12–16]

Дані щодо металографічного аналізу узагальнено та наведено на рисунку 2. Аналіз отриманих результатів показує, що у зварному з'єднанні присутній конгломерат структур, який містить як складові, характерні для литого металу та рекристалізованого металу, так і складові, властиві для швидкоохолодженого металу (відманштетів ферит). Комплексний і якісний аналіз досліджень показав, що значні відмінності у структурному стані виявлено на межі між швом та зоною термічного впливу (межа між ділянками 1 та 2).

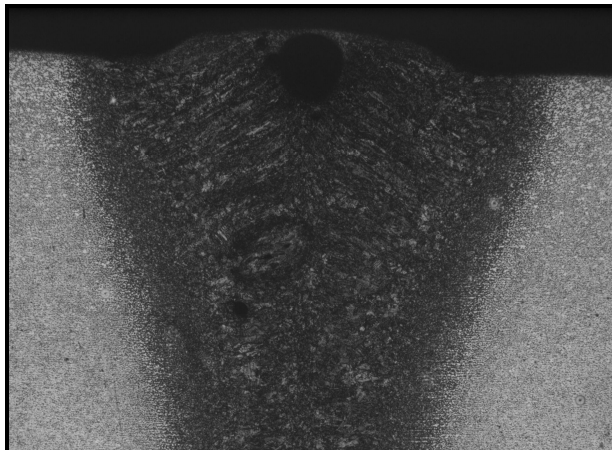
Факторний аналіз виконано з використанням модуля моделювання структурними рівняннями (SEPATH) програми STATSOFT STATISTICA 10.0.

[9; 10]. Проведення факторного аналізу здійснено за таким алгоритмом:

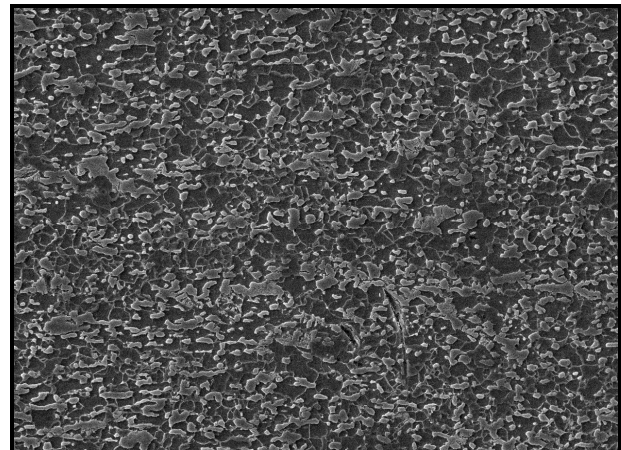
1. Дослідження структури взаємозв'язків змінних. У цьому випадку кожне групування змінних буде визначатися фактором, за яким ці змінні мають максимальні навантаження.

2. Ідентифікація факторів як прихованих (латентних) змінних – причин взаємозв'язку вихідних змінних.

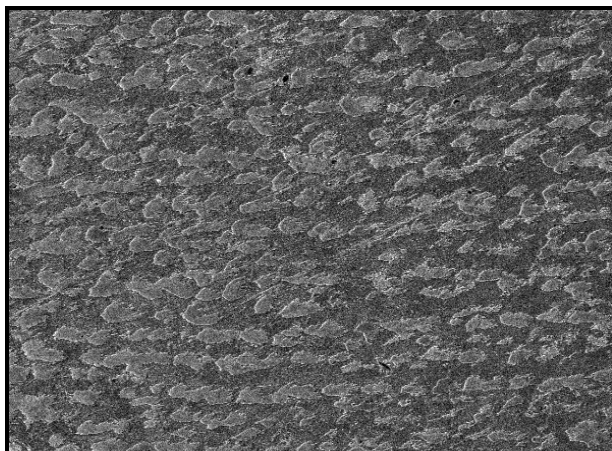
3. Обчислення значень факторів для випробовуваних як нових інтегральних змінних. При цьому число чинників істотно менше числа вихідних змінних. У цьому сенсі факторний аналіз розв'язує задачу скорочення кількості ознак із мінімальними втратами вихідної інформації [3].



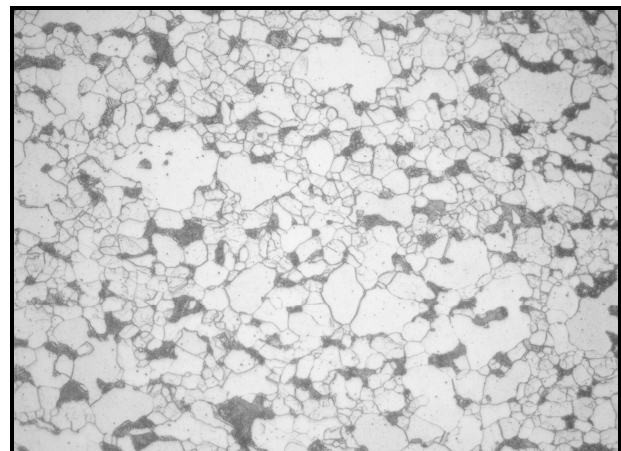
a ($\times 100$)



б ($\times 200$)



в ($\times 200$)



г ($\times 200$)

Рис. 2. Мікроструктура сталі 10XCHD після лазерного зварювання: а – зварний шов; б – межа зварний шов – зона термічного впливу; в – зона термічного впливу; г – межа зони термічного впливу–основний метал

Практична реалізація запропонованого алгоритму здійснювалась за такою методикою:

1. Створення таблиці вхідних даних.
2. Побудова кореляційної матриці.
3. Виділення факторів.
4. Відображення власних значень та скорочення кількості факторів.
5. Розрахунок факторних навантажень.

6. Обертання факторів для отримання спрощеної структури.

7. Інтерпретація факторів та отримання діаграми обертання обраних факторів [4; 8–10].

Результати проведених досліджень. Геометричні розміри ділянок зварного з'єднання зі сталі 10XCHD згруповано та наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Геометричні розміри ділянок зварного з'єднання сталі 10XCHD

Тип з'єднання	Ділянка 2 (межа шва – ЗТВ), мм	Ділянка 3 (ЗТВ), мм	Ділянка 4 (межа ЗТВ – основний метал), мм
Лазерне зварювання	1,4	2,2	2,6

Середнє значення відсоткового співвідношення структурних складових по ділянках зварного з'єднання зразків зі сталі

10XCHD згруповано та наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Середнє значення відсоткового співвідношення структурних складових сталі 10ХСНД

Тип зварювання	Ділянка 2 (межа зварний шов – ЗТВ)		Ділянка 3 (ЗТВ)		Ділянка 4 (межа ЗТВ – основний метал)	
	Ферит	Перліт	Ферит	Перліт	Ферит	Перліт
Лазерне зварювання	50	50	65	35	80	40

Таблиця 4

Середнє значення розмірів зерна фериту

Тип зварювання	Ділянка 2 (межа зварний шов – ЗТВ)	Ділянка 3 (ЗТВ)	Ділянка 4 (межа ЗТВ – основний метал)
	Ферит	Ферит	Ферит
Лазерне зварювання	8	7	8

Таблиця 5

Кореляційна матриця співвідношення структурних складових

	Межа зварний шов – ЗТВ	ЗТВ	Межа ЗТВ – основний метал	Ферит 2	Ферит 3	Ферит 4	Перліт 2	Перліт 3	Перліт 4
Межа зварний шов – ЗТВ	1,00	0,51	0,74	-0,81	-0,41	0,00	-0,49	-0,61	-0,69
ЗТВ	0,51	1,00	0,28	-0,24	-0,76	-0,69	0,17	-0,68	-0,54
Межа ЗТВ – основний метал	0,74	0,28	1,00	-0,97	0,03	0,47	-0,26	-0,71	-0,51
Ферит 2	-0,81	-0,24	-0,97	1,00	-0,09	-0,49	0,36	0,66	0,50
Ферит 3	-0,41	-0,76	0,03	-0,09	1,00	0,82	-0,09	0,21	0,39
Ферит 4	0,00	-0,69	0,47	-0,49	0,82	1,00	-0,34	0,01	0,09
Перліт 2	-0,49	0,17	-0,26	0,36	-0,09	-0,34	1,00	0,29	0,68
Перліт 3	-0,61	-0,68	-0,71	0,66	0,21	0,01	0,29	1,00	0,82
Перліт 4	-0,69	-0,54	-0,51	0,50	0,39	0,09	0,68	0,82	1,00

Середнє значення розмірів зерна фериту по ділянках зварного з'єднання зразків зі сталі 10ХСНД згруповано та наведено у таблиці 4.

На підставі даних масиву побудовано кореляційну матрицю, яку наведено у таблиці 5.

За даними таблиці 5 виділено фактори методом головних компонент. Цей метод

перетворює набір корелювальних вихідних змінних в інший набір – некорелювальних змінних. В основі аналізу головних компонент лежить математичний метод знаходження власних значень і власних векторів кореляційної матриці [3].

Отримані дані узагальнені у вигляді таблиці 6.

Таблиця 6

Узагальнені власні значення

	Власні значення	Відсоток загальної дисперсії	Кумулятивність, %
Фактор 1	4,438056	49,31173	49,3117
Фактор 2	2,769743	30,77492	80,0867
Фактор 3	1,088379	12,09309	92,1797
Фактор 4	0,563874	6,26527	98,4450
Фактор 5	0,139948	1,55498	100,0000

Власне значення для першого фактора становить 4,438 056, тобто частка дисперсії першого фактора дорівнює 49,31 173 %, частка дисперсії другого фактора становить 30,77 492 %. Як бачимо, з подальшим отриманням факторів отримані власні значення, а також частка дисперсії зменшується. Сума всіх власних значень дорівнює кількості змінних.

Групування факторів відбувалося таким чином, що в першу чергу вибиралися змінні, які мали найбільшу кореляцію та найбільший відсоток загальної частки дисперсії та формувалися в окремий фактор, після цього змінні, обрані у перший фактор, були виключені з подальшого аналізу. Таким чином, процес групування факторів продовжувався доти, поки не була вилучена вся загальна частка дисперсії.

Групування факторів відбувалося таким чином. У перший фактор було згруповано змінні, які найбільше взаємодіють між собою та мають найбільше значення частки дисперсії, що дорівнює 49,31 173. Із таблиці 2 ми бачимо, що найбільший взаємозв'язок отримано між відсотковим змістом фериту по зонах зварного з'єднання.

Другий фактор отримуємо таким же чином, вибираючи найбільший взаємозв'язок між тими змінними, які залишилися після групування першого фактора і мають більшу частку дисперсії, що дорівнює 30,77 492. У даному факторі найбільшу взаємодію між собою має відсотковий вміст перліту по зонах зварного з'єднання.

У третьому факторі змінні, найбільше взаємозв'язані мають частку дисперсії 12,09 309. Найбільший взаємозв'язок у даному факторі відбувається між геометричними розмірами зон зварного з'єднання.

У четвертому факторі згруповано такі змінні: вплив відсоткового співвідношення в одній зоні на відсоткове співвідношення в іншій зоні, які найбільше взаємозв'язані із залишковими змінними та мають частку дисперсії 6,26 527.

У п'ятий фактор згруповано всі залишкові змінні, які мають частку

дисперсії дуже малу – 1,55 498. У даному випадку до цих змінних належить взаємозв'язок змісту структурних складових через зону (див. табл. 2).

Отже, отримано залежності факторів від змінних у такому вигляді:

Фактор 1 = f (ферит 2 – зона II; ферит 3 – зона III; ферит 4 – зона IV).

Фактор 2 = f (перліт 2 – зона II; перліт 3 – зона III; перліт 4 – зона IV).

Фактор 3 = f (зона I – зона II; зона II – зона III; зона III – зона IV).

Фактор 4 = f (ферит 2 – ферит 3; ферит 3 – ферит 4; перліт 2 – перліт 3; перліт 3 – перліт 4).

Фактор 5 = f (ферит 2 – зона III; ферит 3 – зона IV; перліт 2 – зона III; перліт 3 – зона IV).

Після об'єднання корельованість компонент усередині кожного фактора між собою буде вища, ніж їх корельованість із компонентами з інших чинників [2].

Для розрахунку факторних навантажень розв'язується рівняння в матричній формі:

$$R = AA', \quad (1) [3]$$

де R – вихідна матриця кореляцій; A – матриця, кожен елемент якої a_{ik} – компонентне навантаження змінної i (рядок) по компоненті k (стовпець); A' – транспонована матриця A . Рівняння 1 Л. Терстоун назвав «фундаментальною факторною теоремою» (Г. Харман, 1972) [3]. Результатом розв'язання цього рівняння стала матриця компонентних навантажень, наведена в таблиці 7.

Графічну інтерпретацію даних таблиці 7 наведено на рисунку 3.

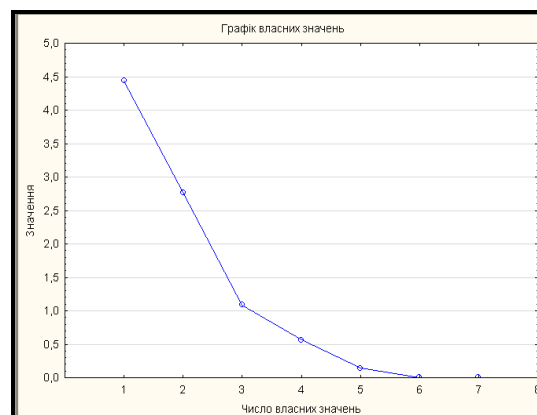


Рис. 3. Графік власних значень

Із метою скорочення факторів учені Р. Кеттел та Кайзер запропонували певні критерії. Критерій Кайзера [9; 10] заснований на тому, що обирати слід ті фактори, у яких власні значення будуть не менші 1.

Р. Кеттел запропонував свій «Критерій кам'янистого осипу» [9; 10], який засновано

на пошуку такої точки на графіку, де кількість власних значень помітно зменшується (графік власних значень) [4; 9; 10].

Розглянемо шукану факторну структуру в загальному вигляді як матрицю факторних навантажень.

Таблиця 7

Співвідношення факторних навантажень відносно структурних складових

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
Межа зварний шов – ЗТВ	0,901556	0,016248	-0,030249	-0,406329	-0,144617
ЗТВ	0,609320	0,738172	0,234301	0,137746	-0,099798
Межа ЗТВ-основний метал	0,828849	-0,383881	0,371434	-0,068477	0,151634
Ферит 2	-0,831455	0,437750	-0,291099	0,164227	0,073132
Ферит 3	-0,336034	-0,861731	0,094137	0,291545	-0,225035
Ферит 4	0,055241	-0,987155	0,078951	0,023744	0,125203
Перліт 2	-0,489432	0,384616	0,779060	0,052127	0,053610
Перліт 3	-0,878841	-0,072695	-0,118088	-0,455913	0,023488
Перліт 4	-0,864753	-0,123775	0,417001	-0,228037	-0,104838
Загальна дисперсія	4,438056	2,769743	1,088379	0,563874	0,139948
Частка дисперсії	0,493117	0,307749	0,120931	0,062653	0,015550

Елементи структури чинника – факторні навантаження (Factor Loadings) змінних a_{ik} аналогічні компонента навантажень. Однак основна вимога їх отримання, на відміну від аналізу головних компонент, – максимально повне відображення вихідних коефіцієнтів кореляції. Тому основне рівняння факторного аналізу залишається в такому вигляді [3]:

$$R' = A \cdot A' \text{ за умовою } R' \rightarrow R, \quad (2) [3]$$

де R – вихідна матриця інтеркореляцій; R' – матриця відновлених коефіцієнтів кореляції; A – матриця факторних навантажень розмірністю, стовпці якої – факторні навантаження P змінних за M факторами; A' – транспонована матриця A .

Відмінність рівняння (2) від схожого з ним рівняння компонентного аналізу (1) в тому, що матриця факторних навантажень A обчислюється таким чином, щоб відновлені коефіцієнти кореляції мінімально відрізнялися від вихідних кореляцій.

У нашому випадку під час вибору кількості факторів звернено увагу на навантаження кожного фактора стосовно змінних. Як бачимо з таблиці 7, що перший фактор зі значенням навантаження факторів

0,7 має значні навантаження для п'яти змінних – межа зварний шов – ЗТВ; межа ЗТВ – основний метал; ферит 2; перліт 3, перліт 4. Другий фактор має значні навантаження для трьох змінних – ЗТВ; ферит 3; ферит 4. Третій фактор має значні навантаження лише для однієї змінної – перліт 2. Четвертий та п'ятий фактори взагалі не мають жодного навантаження на змінні зі значенням навантаження факторів 0,7.

Виходячи із цього, після інтерпретації факторів для подальшого дослідження було залишено два фактори, які мають значні навантаження на змінні. 1 Фактор має 48,1 % загальної дисперсії, 2 Фактор – 31,9 % загальної дисперсії як наслідок, два обрані фактори пояснюють 80 % від усієї загальної дисперсії.

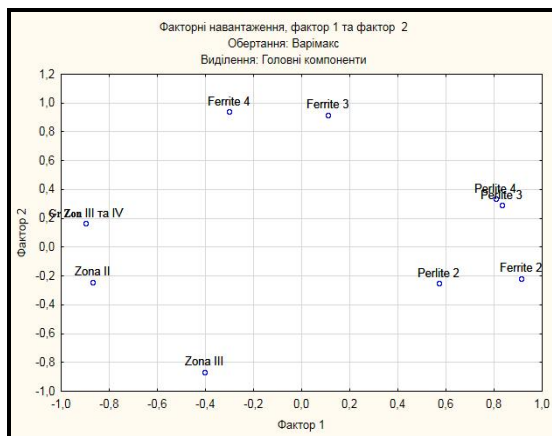
Для геометричної інтерпретації результатів факторного аналізу здійснено обертання вибраних факторів, які дають можливість виявити взаємозв'язок між змінними та двома обраними факторами. Обертання здійснювалося за трьома методами, а саме: метод варімакс, метод квартимакс та метод еквімакс [5; 9; 10].

Результати відповідних розрахунків наведено у таблиці 8.

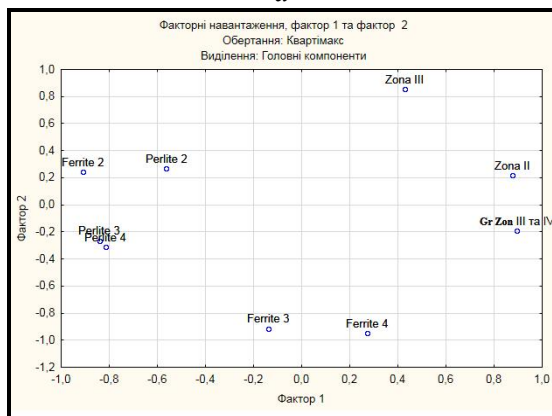
Таблиця 8

Факторні навантаження різними методами обертання

	Метод варімакс		Метод квартімакс		Метод еквімакс	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Межа зварний шов – ЗТВ	-0,868825	-0,241269	0,875494	0,215820	-0,875494	-0,215820
ЗТВ	-0,405281	-0,867131	0,430405	0,854939	-0,430405	-0,854939
Межа ЗТВ-основний метал	-0,898528	0,164327	0,893351	-0,190469	-0,893351	0,190469
Ферит 2	0,914527	-0,215831	-0,907841	0,242418	0,907841	-0,242418
Ферит 3	0,109775	0,918394	-0,136520	-0,914801	0,136520	0,914801
Ферит 4	-0,300436	0,941948	0,272829	-0,950311	-0,272829	0,950311
Перліт 2	0,570087	-0,249948	-0,562553	0,266473	0,562553	-0,266473
Перліт 3	0,832712	0,290238	-0,840824	-0,265822	0,840824	0,265822
Перліт 4	0,806293	0,336170	-0,815756	-0,312505	0,815756	0,312505
Загальна дисперсія	4,333649	2,874150	4,355973	2,851826	4,355973	2,851826
Частка дисперсії	0,481517	0,319350	0,483997	0,316870	0,483997	0,316870



а



б

Рис. 4. Діаграма обертання двох факторів:
а – метод варімакс; б – метод квартімакс

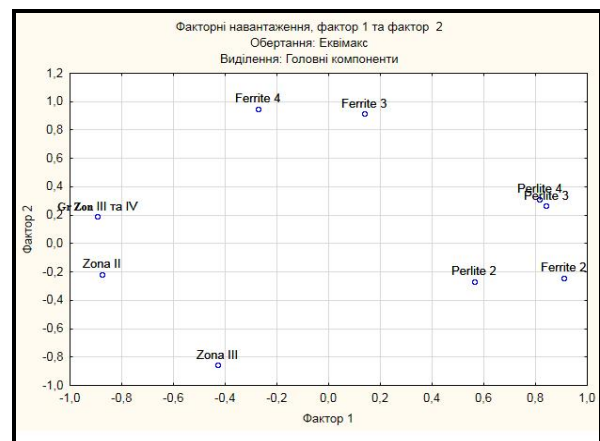


Рис. 5. Діаграма обертання двох факторів
методом еквімакс

Геометрична інтерпретація даних таблиці 8 наведена на рисунках 4 та 5.

Аналіз даних на рисунку 4 показує, що взаємне розташування змінних і факторів свідчить що виділені фактори 1 і 2 пов'язані з усіма вихідними змінними, тобто вони найбільш загальні для досліджуваного процесу.

Таким чином, у результаті проведеного комплексу досліджень установлено, що найбільш значущі змінні в аналізі структурного стану зварних з'єднань після лазерного зварювання – це відсотковий розподіл феритної та перлітної структурної складової по зонах зварного з'єднання. Саме ці параметри необхідно використовувати для побудови математичної моделі якості зварного з'єднання.

Висновки

1. Виконано дослідження взаємозв'язку розподілу структурного стану по зонах зварного з'єднання із застосуванням математичного апарату факторного аналізу.

2. Проведений комплекс досліджень показав, що зварне з'єднання структурно можна розподілити на декілька зон, кожна з яких має власний структурний стан. При цьому на якість зварного з'єднання найбільше впливають межі між структурно різними ділянками зварного з'єднання.

3. Металографічний аналіз показав, що у зварному з'єднанні присутній конгломерат структур, який містить як складові, характерні для литого металу та рекристалізованого металу, так і складові, властиві для швидкоохолодженого металу (відманштетів ферит).

4. У ході роботи запропоновано алгоритм застосування факторного аналізу для розв'язання прикладних задач матеріалознавства, зокрема, аналізу

структурного стану сталі 10ХСНД після лазерного зварювання.

5. На підставі даних кількісної оцінки, результатів металографічних досліджень обрано змінні, які характеризують структурний стан зварного з'єднання сталі 10ХСНД після лазерного зварювання.

6. Застосуванням математичного апарату факторного аналізу здійснено групування факторів і групування змінних у фактори та отримано відповідні якісні залежності.

7. На підставі критеріїв факторного аналізу виконано скорочення кількості факторів. Цю операцію проаналізовано із застосуванням методів варімакс, кватримакс, еквімакс.

8. У результаті проведеного комплексу досліджень встановлено, що найбільш значущі змінні в аналізі структурного стану зварних з'єднань після лазерного зварювання – це відсотковий розподіл феритної та перлітної структурної складової по зонах зварного з'єднання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Факторный анализ : веб-сайт. URL: <http://ee.tpu.ru/system/factor.html/> (дата звернення : 20.03.2021).
2. Факторный анализ, его виды и методы. Факторный анализ : веб-сайт. URL : https://afdanalyse.ru/publ/finansovyy_analiz_1/faktornyj_analiz_1/11-1-0-42/ (дата звернення : 20.03.2021).
3. Математические методы психологического исследования. Факторный анализ : веб-сайт. URL : https://gymnasium42.ru/stat/Book/Frame-struct/page_2_8-frame.htm/ (дата звернення : 22.03.2021).
4. Факторный анализ : этапы, требования и область применения. Лекции. Doc : веб-сайт. URL : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj10eqaxOnvAhXI-yoKHaloDOAQFJAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fbmstu.ru%2Fps%2F~krasnikovskiy%2Ffileman%2Fdownload%2F%25D0%259C%25D0%259D%25D0%259E%25D0%2593%25D0%259E%25D0%259C%25D0%2595%25D0%25A0%25D0%259D%25D0%25AB%25D0%2599%2520%25D0%2590%25D0%259D%25D0%2590%25D0%259B%25D0%2598%25D0%2597%2520%25D0%2594%25D0%2590%25D0%259D%25D0%259D%25D0%25AB%25D0%25A5%2F%25D0%25A4%25D0%25B0%25D0%25BA%25D0%2590%25D0%25BD%25D0%25B0%25D0%25BB%25D0%25B8%25D0%25B7%2520%25D0%25A2%25D1%2580%25D0%25B5%25D0%25B1_%25D0%259E%25D0%25B1%25D0%25BB%2520%25D0%25BF%25D1%2580%25D0%25B8%25D0%25BC%25D0%25B5_%25D0%25BD_%25D0%2594%25D0%25B5%25D0%25B9%25D1%2581%25D1%2582%25D0%25B2%25D0%25B8%25D1%258F.pdf&usg=AOvVaw1TruD91ijpSx2Ai4sioBWo/ (дата звернення : 22.03.2021).
5. Краткая история факторного анализа. Конспект лекций ИСУ.doc : веб-сайт. URL : <https://studfile.net/preview/7417658/page:12/> (дата звернення : 10.03.2021).
6. Краткая история факторного анализа. Студопедия : веб-сайт. URL : https://studopedia.ru/2_3121_kratkaya-istoriya-faktornogo-analiza.html/ (дата звернення : 15.03.2021).
7. Как используется факторный анализ. Как сделать факторный анализ в статистике 6. Mebelsotis : веб-сайт. URL : <https://mebelsotis.ru/kak-ispolzuetsya-faktornyj-analiz-faktornyj-analiz-vyruchki-v-excel-eto/> (дата звернення : 28.03.2021).
8. Введение в факторный анализ в Python : веб-сайт. URL : <https://ichi.pro/ru/vvedenie-v-faktornyj-analiz-v-python-116625965253739/> (дата звернення : 08.03.2021).
9. Руководство пользователя STATISTICA.doc : веб-сайт. URL : <https://www.twirpx.com/file/193355/> (дата звернення : 28.03.2021).
10. Электронный учебник по статистике. StatSoft Statistica : веб-сайт. URL : <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm/> (дата звернення : 28.03.2021).

11. Laukhin D., Beketov O., Rott N., Schudro A. The Elaboration of Modernized Technology of Controlled Rolling Directed at the Formation of High Strengthening and Viscous Qualities in HSLA Steel. *Solid State Phenomena*. 2019. Vol. 291. Pp 13–19.
12. Волченко В. Н. Сварка и свариваемые материалы : справочник. Т. 1. 1991.
13. Глизманенко Д. Л. Сварка и резка металлов : учеб. пособ.; изд. 5-е перераб. Москва : Металлургия, 1984. 448 с.
14. Алексеев Е. К., Алексеев К. Е., Мельник В. И. Сварочное дело. Москва : Госстройиздат, 1959. 326 с.
15. Соколов Е. В. Справочник по сварке. Москва : Машгиз, 1962. 556 с.
16. Винокуров В. А. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности : учеб. пособ. Под ред. Б. Е. Патона. Москва : Машиностроение, 1996. 576 с.

REFERENCES

1. *Faktornij analiz : veb-sajt* [Factor analysis : website]. URL : <http://ieeee.tpu.ru/system/factor.html/> (date of access : 20.03.2021). (in Russian).
2. *Faktornij analiz, ego vidy i metody. Faktornij analiz : veb-sajt* [Factor analysis, its types and methods. Factor analysis : website]. URL : https://afdanalyse.ru/publ/finansovyj_analiz/1/faktornij_analiz_1/11-1-0-42/ (date of access : 20.03.2021). (in Russian).
3. *Matematicheskie metody psichologicheskogo issledovaniya. Faktornij analiz: veb-sajt* [Mathematical methods of psychological research. Factor analysis : website]. URL : https://gymnasium42.ru/stat/Book/Frame-struct/page_2_8-frame.htm/ (date of access : 22.03.2021). (in Russian).
4. *Faktornij analiz : etapy, trebovaniya i oblast primeneniya. Lekcij.doc : veb-sajt* [Factor analysis : stages, requirements and scope. Lectures. doc: website]. URL : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj10eqaxOnvAhXl-yoKHaloDOAQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fbmstu.ru%2Fps%2F~krasnikovskiy%2Ffileman%2Fdownload%2F%25D0%259C%25D0%259D%25D0%259E%25D0%2593%25D0%259E%25D0%259C%25D0%2595%25D0%25A0%25D0%259D%25D0%25AB%252%25B9%25D1%2581%25D1%2582%25D0%25B2%25D0%25B8%25D1%258F.pdf&usq=AOvVaw1TruD91ijpSx2Ai4sioBWo> (date of access : 22.03.2021). (in Russian).
5. *Kratkaya istoriya faktornogo analiza. Konspekt lekcij ISU.doc : veb-sajt* [A brief history of factor analysis. ISU.doc lecture notes : website]. URL : <https://studfile.net/preview/7417658/page:12> (date of access : 10.03.2021). (in Russian).
6. *Kratkaya istoriya faktornogo analiza. Studopediya : veb-sajt* [A brief history of factor analysis. Studopedia : website]. URL : https://studopedia.ru/2_3121_kratkaya-istoriya-faktornogo-analiza.html (date of access : 15.03.2021). (in Russian).
7. *Kak ispolzuetsya faktornij analiz. Kak sdelat faktornij analiz v statistike 6. Mebelsotis: veb-sajt* [How factor analysis is used. How to do factor analysis in statistics 6. Mebelsotis: website]. URL : <https://mebelsotis.ru/kak-ispolzuetsya-faktorniy-analiz-faktorniy-analiz-vyruchki-v-excel-eto> (date of access : 28.03.2021). (in Russian).
8. *Vvedenie v faktornij analiz v Python : veb-sajt* [Introduction to Factor Analysis in Python : website]. URL : <https://ichi.pro/ru/vvedenie-v-faktorniy-analiz-v-python-116625965253739> (date of access : 28.03.2021). (in Russian).
9. *Rukovodstvo polzovatelya STATISTICA.doc : veb-sajt* [STATISTICA.doc user manual : website]. URL : <https://www.twirpx.com/file/193355/> (date of access : 28.03.2021). (in Russian).
10. *Elektronnyj uchenik po statistike. StatSoft Statistica : veb-sajt* [Electronic student in statistics. StatSoft Statistica : website]. URL : <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (date of access : 28.03.2021). (in Russian).
11. Laukhin D., Beketov O., Rott N. and Schudro A. The Elaboration of Modernized Technology of Controlled Rolling Directed at the Formation of High Strengthening and Viscous Qualities in HSLA Steel. *Solid State Phenomena*. 2019, no. 291, pp. 13–19.
12. Volchenko V.N. *Svarka i svarivaemye materialy : spravochnik. T. 1* [Welding and materials to be welded : directory. Vol. 1]. 1991. (in Russian).
13. Glizmanenko D.L. *Svarka i rezka metallov : ucheb. posob. Izd. 5-e pererabotannoe* [Welding and cutting of metals : textbook. Manual. ed. 5th revised]. Moscow : Metallurgiya Publ., 1984, 448 p. (in Russian).
14. Alekseev E.K., Alekseev K.E. and Melnik V.I. *Svarochnoe delo* [Welding business]. Moscow : Gosstrojizdat Publ., 1959, 326 p. (in Russian).
15. Sokolov E.V. *Spravochnik po svarke* [Welding handbook]. Moscow : Mashgiz Publ., 1962, 556 p. (in Russian).
16. Vinokurov V.A. *Svarnye konstrukcii. Mehanika razrusheniya i kriterii rabotosposobnosti : ucheb. posob.* [Welded structures. Fracture mechanics and performance criteria : textbook]. Manual. ed. B.E. Patona. Moscow : Mashinostroenie Publ., 1996, 576 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 15.05.2021.

УДК 624.073

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.101.772

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТЯ НА ЕТАПІ ЗВЕДЕННЯ СПОРУД

САВИЦЬКИЙ М. В.¹, докт. техн. наук, проф.,
НІКІФОРОВА Т. Д.², докт. техн. наук, проф.,
ФРОЛОВ М. О.^{3*}, асп.

¹ Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: nikiforova.tetiana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0688-2759

^{3*} Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: templatar1995@gmail.com

Анотація. *Постановка проблеми.* На сьогоднішній день у багатьох спорудах потрібні конструкції перекриття, що відповідають збільшеним вимогам витривалості, прогону, що покривається, і якості поверхні. Часто всім вимогам задовольняють сталезалізобетонні конструкції. Однак ця галузь незважаючи на тривалу історію успіху, все ще не до кінця вивчена, особливо неоднозначна поведінка конструкції на ранніх етапах будівництва. Через неможливість створення композитного перетину відразу виникають різні ефекти і складний напружено-деформований стан на ділянці часу між об'єднанням різних матеріалів у просторі та об'єднанням різних матеріалів у роботі. Так, етап зведення конструкції, до того як вона стала сталезалізобетонною, становить інтерес для повноцінного розуміння механіки роботи композитних перетинів. *Мета дослідження* – вивчення особливостей роботи СЗБК на етапі монтажу та експлуатації як композитної конструкції, що поєднує переваги і недоліки сталі та бетону. *В результаті досліджень* з'ясовано, що вивчення напружено-деформованого стану, обставин, що впливають як на стадії експлуатації, так і на стадії зведення, постає важливим завданням для подальшого розуміння роботи сталезалізобетону і збільшення його довговічності. Зокрема, в момент зведення виникає складний напружено-деформований стан, який може спричинити непередбачувані зміни форми. Цей стан нестабільний аж до включення в роботу бетонної полиці сталезалізобетонного перетину за допомогою твердіння бетону в районі анкерів і його подальшого включення в роботу. Ці питання потребують подальшого вивчення для кращого розуміння роботи бетону та сталі як цілісного композитного матеріалу на різних етапах життєвого циклу споруд.

Ключові слова: напружено-деформований стан; залізобетон; великопрогонові конструкції; сталезалізобетон; перекриття споруд

STRESS-DEFORMED STATE OF STEEL-REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF FLOORS AT THE STAGE OF ESTABLISHMENT OF STRUCTURES

SAVYTSKYI M.V.¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
NIKIFOROVA T.D.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
FROLOV M.O.^{3*}, Postgraduate Stud.

¹ Department of Reinforced Concrete and Stone Constructions, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Department of Reinforced Concrete and Stone Constructions, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: nikiforova.tetiana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0688-2759

^{3*} Department of Reinforced Concrete and Stone Constructions, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: templatar1995@gmail.com

Abstract. Formulation of the problem. Many structures today require floor structures to meet increased requirements for strength, span coverage and surface quality. Steelcrete structures often fit the bill. However, despite a long history of success, the industry is still not fully understood, in particular, the behavior of this structure in the early stages of construction is not unambiguous. Due to the impossibility of creating a composite section, various effects and a complex stress-strain state immediately arise in the time interval between the combination of different materials in space and the combination of different materials in the work. Thus, the stage of erection of a structure before it became reinforced concrete is of interest for a complete understanding of the mechanics of the work of composite sections. **The purpose of the study** is to investigate the features of the operation of the steelcrete sections at the stage of installation and operation, as a composite structure that combines the advantages and disadvantages of steel and concrete. **As a result** of the research, it was found that the study of the stress-strain state, which affects the circumstances, both at the operation stage and at the construction stage, is an important task for further understanding the work of reinforced concrete, and increasing its durability. In particular, at the time of erection, a complex stress-strain state occurs, which can lead to unpredictable changes in shape. This state is unstable up to the inclusion of the concrete shelf of the reinforced concrete section in the work due to the hardening of concrete in the area of the anchors and its subsequent inclusion in work. These issues require further study in order to better understand the work of concrete and steel as a single composite material at various stages of the life cycle of structures.

Keywords: *stress-strain state; reinforced concrete; large-span structures; steelcrete; floors*

Постановка проблеми. Сучасні конструкції вимагають сучасних рішень, одне з яких – сталезалізобетон – композитний матеріал, який об'єднує найкращі з властивостей металу і бетону, проте володіє і більшою частиною їх вразливостей.

Напружено-деформований стан (НДС) сталезалізобетонних конструкцій досі залишається не до кінця вивченим питанням з багатьох причин. Наслідки – відсутність повноцінних нормативних рекомендацій до застосування цього матеріалу. Особливий інтерес становить НДС композитного перетину на етапі зведення, тому що досі немає єдиної думки на цей рахунок. Так, етап зведення конструкції до того, як вона стала сталезалізобетонною, становить інтерес для повноцінного розуміння механіки роботи композитних перетинів.

Аналіз публікацій. Це питання досліджували багато видатних учених як за кордоном, так і в нашій країні. На території України основним ЗВО, що займається просуванням сталезалізобетону, вважається ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка, де питання напружено-деформованого стану сталезалізобетонних конструкцій (НДС СЗБК) вивчали В. О. Сіробаба [6], Д. В. Бібік [2] та ін. Інші вищі тожне відстають у дослідження цієї незвіданої галузі.

Мета досліджень – вивчення особливостей роботи СЗБК на етапі

монтажу та експлуатації, як композитної конструкції, що поєднує переваги і недоліки сталі і бетону.

Основний матеріал. Одна з недооцінених частин роботи сталезалізобетонних конструкцій – процес їх монтажу і набирання міцності. Зокрема, в цей момент відбувається не передбачена ні нормами, ні інженером зміна ваги бетонної суміші. Зокрема, для заливання монолітних перекриттів по профільованих настилах використовується самовирівнювальна бетонна суміш з високою рухливістю і вмістом води для збереження цієї рухливості.

У бетоні вода перебуває у зв'язаному і вільному стані. Зв'язана поділяється на механічно (в капілярах), хімічно (реакція цементу з водою) і адсорбційно (тонкі плівки на поверхні твердих частинок бетонної суміші) зв'язану, вільна ж міститься в порах і пустотах бетону і порівняно швидко випаровується.

Згідно з різними працями [9], швидкість випаровування води з бетонної суміші може досягати вагомих значень. Для розрахунку точних значень створено номограму (рис. 1). Відповідно, за великих площ бетонування, якими і є великопрогонові сталезалізобетонні конструкції, це може бути вагомою проблемою.

Так само, згідно з аналогічними дослідницькими роботами, отримані дані [1] повідомляють, що за первинного

водоцементного співвідношення від 0.47 до практично половину зв'язаної води. 0.52, за 30 років бетони втрачають

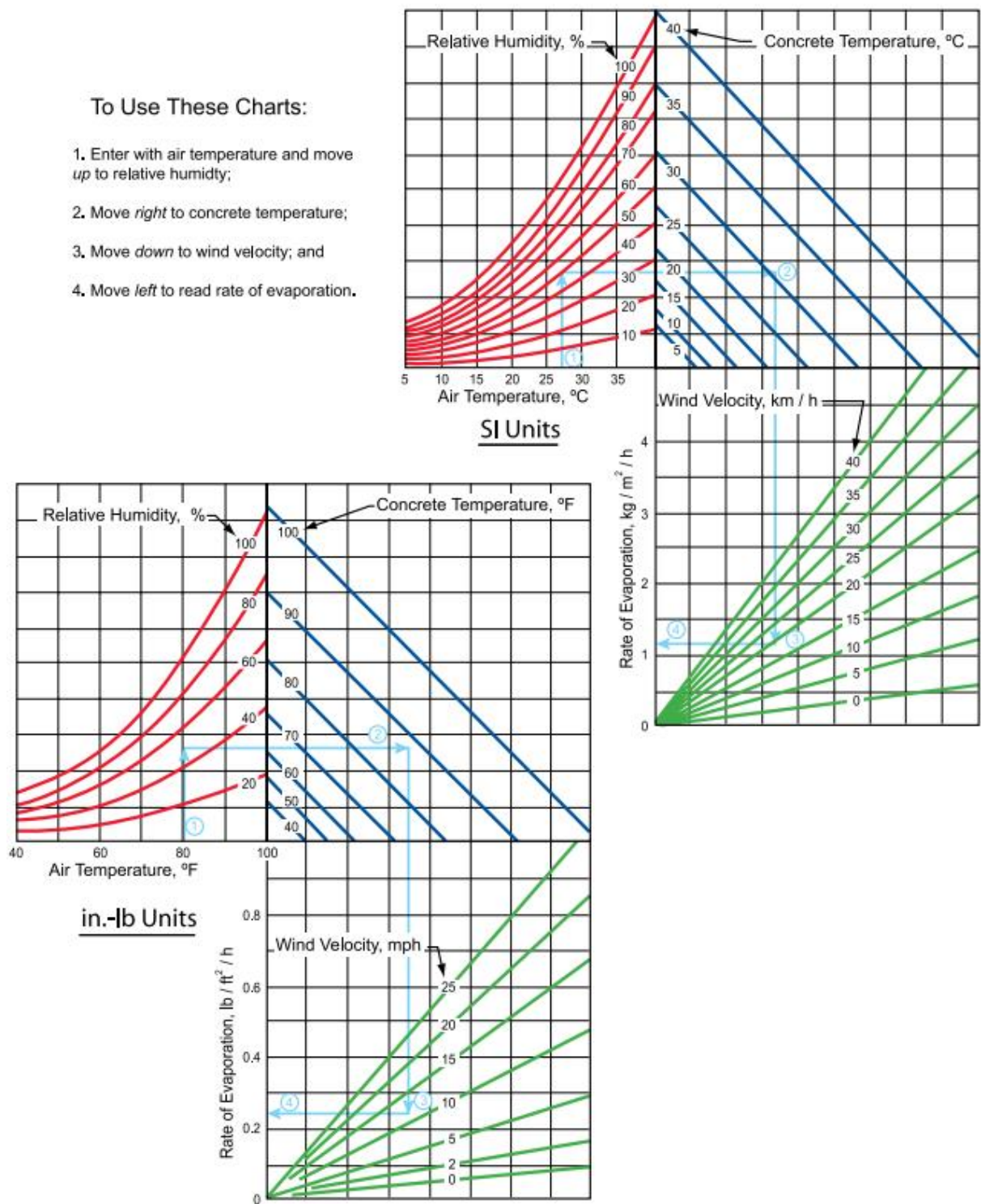


Рис. 1. Номограма для оцінювання швидкості випаровування води з бетонної поверхні : стрілки показують приклад для дня, коли температура навколишнього повітря становить 27 °C, відносна вологість – 50 %, температура бетону – 31 °C і швидкість вітру – 19 км/год.. Результуюча швидкість випаровування складає близько 1,2 кг /м²/год.

(Рисунок надала Асоціація Портландцементу)

Вигідно відрізняються від монолітів збірні плити, виготовлені на заводах, за рахунок якісного ущільнення, технологій висушування бетонів, що дозволяють прибрати більшу частину вільної води і зменшити кількість зв'язаної (зокрема, механічно зв'язаної – за температури вище 200 °С вона випаровується практично вся), і твердіння у вологому теплому приміщенні, забезпечуючи більш стабільну роботу збірних плит. Так само варто зазначити, що, згідно з експериментальними дослідженнями [3], під час твердіння бетонної суміші відбувається зменшення деформацій, за рахунок включення в роботу бетонної частини перерізу і перенесення нейтральної осі. Фактично відбувається певний зворотний вигин несних елементів перекриття.

Наразі аналіз жорстких дисків залізобетонних перекриттів демонструє перерозподіл значних моментів на краю балок [8] саме під час включення в роботу

жорсткого диска перекриття, як монолітного, так і по збірних залізобетонних плитах, що являє собою додаткове свідчення активного перерозподілу зусиль у сталезалізобетонних конструкціях.

Ця теорія перевірена та проаналізована таким методом: була взята модель балки з бетонною полицею, і за різних значень модуля Юнга бетонної полиці від 10 до проектних 30 000 МПа перевірена на деформації. Основні результати дослідження вказані в таблиці 1.

Відповідно, це означає, що монтажні деформації можуть виявитися вищими за розрахункові, адже на даному етапі бетонна частина конструкції ще не включається в роботу, а проектні деформації менші. Застосування збірних залізобетонних плит частково вирішує цю проблему, адже, по-перше, значно нижчими стають водовтрати бетону, а, по-друге, менший обсяг бетону швидше набирає міцність.

Таблиця 1

Таблиця вигинів та напружень у бетонній полиці від модуля Юнга, МПа

Модель	Модуль Юнга, МПа	% від макс E , МПа	Вигин, см	Нормальні напруження, МПа		
				опорне, в. пояс	опорне, н. пояс	пролітне, н. пояс
Моноліт	10	0,033	1,416	264,81	245,46	74,479
	50	0,167	1,325	251,62	242,31	73,553
	100	0,333	1,31	246,66	239,15	72,239
	500	1,667	1,165	198,46	223,81	66,555
	1 000	3,333	1,066	167,27	218,03	62,038
	5 000	16,670	0,72	68,496	184,05	48,562
	10 000	33,330	0,581	42,173	162,89	42,117
	15 000	50,000	0,506	28,403	148,88	38,145
	20 000	66,660	0,457	21,342	137,65	35,173
	25 000	83,330	0,422	16,758	130,12	33,439
	30 000	100,000	0,387	11,795	123,74	31,622
Плити	10	0,033	0,7246	107,46	131,46	55,876
	50	0,167	0,7242	106,23	129,82	55,983
	100	0,333	0,7266	105,66	128,46	56,276
	500	1,667	0,7224	101,77	133,39	56,374
	1 000	3,333	0,7178	99,017	129,47	56,111
	5 000	16,670	0,686	88,354	123,91	53,917
	10 000	33,330	0,659	80,965	120,33	51,889
	15 000	50,000	0,636	76,181	117,55	50,364
	20 000	66,660	0,617	71,978	115,26	49,141
	25 000	83,330	0,594	68,663	113,372	48,207
	30 000	100,000	0,576	65,348	111,49	47,273

Питання деформацій все ще не до кінця вивчене і загальне рішення не знайдене – так, одні норми [4] рекомендують в остаточному прогині враховувати дію усадки, а інші для визначення підсумкового прогину настійно проти врахування розвантажувального впливу усадки бетону [7].

Так чи інакше, початковий прогин від водонасиченої бетонної суміші, зворотний вигин і усадка спричиняють комплекс невідомих напружень у балці до моменту стабілізації бетону, яка настає, згідно з різними дослідженнями, приблизно через добу.

Інше важливе питання ПДВ СЗБК – це робота анкерів і перерозподіл зсувних зусиль. Згідно з висновками Є. В. Кондратюка [4], спільність роботи залізобетонної плити і сталеві балки сприяє перерозподілу значних і здебільшого невизначених зусиль.

Висновки. Напружено-деформований стан сталезалізобетонних великопрогонових конструкцій досі не вивчений досконально – існує величезна кількість умов, обсяги

впливу яких на конструкції так і не відомі, і лише кілька згадано в нашій статті.

Сталезалізобетон – це порівняно нова галузь, яка потребує ретельного вивчення і розуміння. Порушені питання лише частково стосуються проблем композитного матеріалу, і щодо них у наші дні немає єдиної думки. Вивчення напружено-деформованого стану як на стадії експлуатації, так і на стадії зведення – важливе завдання для подальшого розуміння роботи сталезалізобетону і збільшення його довговічності.

Зокрема, в момент зведення виникає складний напружено-деформований стан, який може спричинити непередбачувані зміни форми перекриття. Цей стан нестабільний аж до включення в роботу бетонної полиці сталезалізобетонного перетину за допомогою твердіння бетону в районі анкерів і його подальшого включення в роботу.

Проблема потребує подальшого вивчення для кращого розуміння роботи бетону та сталі як цілісного композитного матеріалу на різних етапах життєвого циклу споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бродер Д. Л., Зайцев Л. Н., Комочков М. М., Мальков В. В., Сычен В. С. Бетон в защите ядерных установок. Москва : АТОМИЗДАТ, 1960. 216 с.
2. Бирик Д. В., Нестеренко Т. М., Магас Н. М., Лещенко В. В. Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций с внешним ленточным армированием. *Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтава : ПолтНТУ, 2013. Вып. 4. С. 45–52.
3. Замалиев Ф.С. Напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонной конструкции на этапе возведения. *Известия КазГАСУ*. Казань, 2011. Вып. 1. С. 18–25.
4. Кондратюк Е. В. Особенности конструирования и расчета сталежелезобетонных балок при свободном опирании плит. *Збірник наукових праць*. Київ : УкрНДІПСК ім. В. М. Шимановського, 2013. Вып. 11. С. 34–38.
5. Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой СТО 0047. Москва : ЗАО ЦНИИПСК им. Мельникова, 2005. 138 с.
6. Сиробаба В. О. Несущая способность и деформативность сталежелезобетонных конструкций из легких бетонов : дис. канд. техн. наук : 05.23.01. Полтава, 2018. 156 с. URL : <https://pntu.edu.ua/uploads/files/0/main/page/specializovani-vcheni-radi/4405202/disertacii/2018-SirobabaVO.pdf>
7. Свод правил СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Москва : МинРегРаз РФ, 2011. 216 с.
8. Фролов М. О., Савицкий М. В. Великопрольотні балкові клітки. Урахування жорсткого диска сталезалізобетонного перекриття. *Вісник ПДАБА*. № 4. 2019. С. 64–69.
9. Snell L., Radnaabazar K. Estimating evaporation rates to prevent plastic shrinkage cracking. *Concrete Q&A. Concrete international*. 2007. Vyp. March 2007. Pp. 127–135. URL: https://www.sefindia.org/forum/files/Evaporation_rates_to_prevent_Plastic_shrinkage_cracking_322.pdf

REFERENCES

1. Broder D.L., Zaytsev L.N., Komochkov M.M., Mal'kov V.V. and Sychen V.S. *Beton v zashchite yadernykh ustanovok* [Concrete in the protection of nuclear installations]. Moscow : ATOMIZDAT Publ., 1960, 216 p. (in Russian).
2. Bibik D.V., Nesterenko T.M., Magas N.M. and Leshchenko V.V. *Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya zhelezobetonnykh konstruktsiy s vneshnim lentochnym armirovaniyem* [Analysis of the stress-strain state of reinforced concrete structures with external strip reinforcement]. *Galuzeve mashinobuduvannya, budivnitstvo* [Industry engineering, construction]. Vol. 4, Poltava : PolNTU Publ., 2013, pp. 45–52. (in Ukrainian).
3. Zamaliyev F.S. *Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye stalezhelezobetonnoy konstruktsii na etape vozvedeniya* [Stress-strain state of a steel-reinforced concrete structure at the construction stage]. *Izvestiya KazGASU* [News of KazGASU]. Vol. 1, Kazan', 2011, pp. 18–25. (in Russian).
4. Kondratyuk Yev.V. *Osobennosti konstruirovaniya i rascheta stalezhelezobetonnykh balok pri svobodnom opiranii plit* [Features of the design and calculation of steel-reinforced concrete beams with free support of slabs]. *Zbirk naukovikh prats'* [Collection of Science Works]. Vol. 11, Kyiv : UkrNDPISK im. V.M. Shimanovskogo, 2013, pp. 34–38. (in Russian).
5. *Perekrytiya stalezhelezobetonnyye s monolitnoy plitoy STO 0047* [Steel-reinforced concrete slabs with a monolithic slab STO 0047]. Moscow : ZAO TsNINPSK im. Mel'nikova Publ., 2005, 138 p. (in Russian).
6. Sirobaba V.O. *Nesushchaya sposobnost' i deformativnost' stalezhelezobetonnykh konstruktsiy iz legkikh betonov : dis. kand. tekhn. Nauk : 05.23.01* [Load-bearing capacity and deformability of steel-reinforced concrete structures made of lightweight concrete : PhD dissertation]. Poltava, 2018, 156 p. URL: <https://pntu.edu.ua/uploads/files/0/main/page/specializovani-vcheni-radi/4405202/disertacii/2018-SirobabaVO.pdf> (in Ukrainian).
7. *Svod pravil SP 35.13330.2011. Mosty i truby* [Code of rules SP 35.13330.2011. Bridges and pipes]. Moscow : MinRegRaz RF Publ., 2011, 216 p. (in Russian).
8. Frolov M.O., Savits'kiy M.V. Velikoprol'otni balkovi klitki. Urakhuvannya zhorstkogo diska stalezalizobetonnoho perekrittya. // *Visnik PSACEA* №4, 2019, p.64-69
9. Snell L. and Radnaabazar K. Estimating evaporation rates to prevent plastic shrinkage cracking. *Concrete Q&A. Concrete international*. 2007. Vol. March, 2007, pp. 127–135. URL: [https://www.sefindia.org/forum/files/Evaporation rates to prevent Plastic shrinkage cracking 322.pdf](https://www.sefindia.org/forum/files/Evaporation%20rates%20to%20prevent%20Plastic%20shrinkage%20cracking%20322.pdf)

Надійшла до редакції : 04.06.2021.

УДК 692.82:699.86

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.107.773

ВІМ-ЕНЕРГОАНАЛІЗ БУДИНКУ З ПОДВІЙНИМИ ВІКНАМИ

СОПІЛЬНЯК А. М.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

КОЛОХОВ В. В.², канд. техн. наук, доц.

ЯРОВА Т. П.³, канд. техн. наук, доц.,

СЕРЕДА С. Ю.⁴, ас.,

СІРЕНОК К. О.⁵, студ.,

ДУНДА В. В.⁶, студ.

^{1*} Кафедра нарисної геометрії та графіки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056)-756-33-80, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

² Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-76, e-mail: kolokhov.viktor@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 000-0001-8223-1483

³ Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: yarova.tetyana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

⁴ Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

⁵ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: sirenokk@gmail.com

⁶ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: karridared@gmail.com

Анотація. *Постановка проблеми.* Застосування інформаційної моделі будинку має низку переваг перед класичними методами архітектурно-будівельного проектування. Насамперед, ВІМ дозволяє у віртуальному режимі підібрати, розробити, розрахувати, пов'язати разом і узгодити створені різними фахівцями та організаціями компоненти і системи майбутньої споруди, заздалегідь перевірити їх життєздатність, функціональність і експлуатаційні якості. *Мета роботи* – поліпшення теплотехнічних показників будинку для зменшення енергоспоживання та аналіз енерговитрат будинку до та після його утеплення за допомогою хмарного програмного забезпечення Insight. *Висновки.* Розвиток інформаційного моделювання будівель дозволив переосмислити деякі установлені принципи проектування будівель та споруд і продемонстрував нове потужне джерело ефективності вибору раціональних архітектурно-конструктивно-технологічних рішень. Числовим та дослідницьким шляхами доведено ефективність застосування дворамних вікон, у результаті чого енергоспоживання будинку зменшилося на 9.1 %. Застосування додаткових вікон дозволяє отримати майже термічно однорідну зовнішню утеплювальну оболонку будинку.

Ключові слова: BIM; Autodesk Revit; Insight; проектування; енергоаналіз

BIM ENERGY ANALYSIS OF A HOUSE WITH DOUBLE WINDOWS

SOPILNIAK A.M.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

KOLOKHOV V.V.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

YAROVA T.P.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

SEREDA S.Y.⁴, Assist.,

SIRENOK K.O.⁵, Stud.,

DUNDA V.V.⁶, Stud.

^{1*} Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562)-756-33-80, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

² Department of Technologies of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-76, e-mail: kolokhov.viktor@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 000-0001-8223-1483

³ Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: yarova.tetyana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

⁴ Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

⁵ Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, e-mail: sirenokk@gmail.com

⁶ Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, e-mail: karridared@gmail.com

Abstract. Problem statement. The use of a building information model has a number of advantages over classical methods of architectural and construction design. First of all, BIM allows in a virtual mode to select, develop, calculate, link together and coordinate the components and systems of the future structure created by various specialists and organizations, check their viability, functionality and performance in advance. **The aim** is to improve the thermal performance of the building and reduce energy consumption. The main task of this work is to carry out insulation of the house on the basis of the provided materials, to carry out an analysis using the cloud-based Insight software, followed by a comparison of the results of energy consumption. **Conclusions.** The development of information modeling of buildings made it possible to rethink some of the established principles of designing buildings and structures, demonstrated new powerful sources of efficiency in the choice of rational architectural, constructive and technological solutions. The effectiveness of the use of two-frame windows has been proven numerically and empirically, as a result of which the energy consumption of the house has decreased by 9.1%. The use of additional windows makes it possible to obtain an almost thermally homogeneous external insulating shell of the house.

Keywords: BIM; Autodesk Revit; Insight; design; energy analysis

Постановка проблеми. Сьогодні підвищення енергоефективності будівель та споруд залишається одним із головних завдань архітекторів та інженерів.

Теплоізоляційна оболонка має основний вплив на формування класу енергоефективності й енергетичного паспорта будинку (витрати енергії на 1 м² – відповідає певному класу енергоефективності енергетичного паспорта будинку).

Правильний вибір конструкцій та матеріалів дає можливість зменшити витрати на опалення будинку та збільшити клас енергоефективності.

Аналіз будинку допомагає точно розрахувати, скільки коштів потрібно витратити на утеплення, які конструкції доцільніше використовувати та на скільки зменшиться споживання електроенергії і опалення після цього.

Європейський та американський досвід доводить, що в результаті енергозберігальних заходів (утеплення, встановлення лічильників тощо) споживання енергії зменшується на 30...40 %.

Аналіз публікацій. На державному рівні в ряді країн установлено умови щодо

обов'язкового застосування BIM-технологій під час проектування і будівництва об'єктів за рахунок коштів державного бюджету. В рамках стратегії реалізується програма переходу на технології інформаційного моделювання. Умовами цієї програми був підготовлений перехід на обов'язкове застосування даних технологій з квітня 2016 року для всіх нових проектів будинків, що фінансуються з бюджету, в тому числі реконструкції, капітального ремонту [1].

На пострадянському просторі лише у Білорусі була прийнята програма з розроблення та впровадження інформаційних технологій комплексної автоматизації проектування та підтримки життєвого циклу будівель та споруд на 2012–2015 рр. [2].

В Україні Меморандум про впровадження BIM-технологій у будівництво підписано наприкінці 2019 року. Також презентована «Дорожня карта впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) у створення об'єктів будівництва, об'єктів архітектури», яка передбачає імплементацію європейських підходів і принципів у державні стандарти України і внесення відповідних змін до інших нормативних документів.

Учасниками підписання меморандуму про впровадження BIM під час створення об'єктів будівництва, об'єктів архітектури стали представники Мінрегіону, Офісу ефективного регулювання, Конфедерації будівельників України, Українського центру сталого будівництва та Міждержавної гільдії інженерів-консультантів [3].

BIM (Building Information Modelling) – інформаційне моделювання будинку або інформаційна модель будинку. Інформаційне моделювання будинку – це підхід до зведення, оснащення, забезпечення експлуатації та ремонту будинку (до керування життєвим циклом об'єкта), який передбачає збирання і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до неї відношення, розглядаються як єдиний об'єкт [4].

Тож віртуальний об'єкт інформаційно взаємодіє з великим обсягом доступного довідкового матеріалу, який заноситься в систему, а потім використовується у будь-який час на кожному робочому місці і по кожній спеціальності з автоматичним виготовленням креслень. Прикладом довідкових даних можуть бути різноманітні відомості про матеріали, вироби, планувальні рішення, типові проекти будинків, фрагменти будівель, дані про прилади автоматики, електрики, сантехніки тощо, а також про їх ціни.

Застосування інформаційної моделі будинку має низку переваг перед класичними методами архітектурно-будівельного проектування. Насамперед, BIM дозволяє у віртуальному режимі підібрати, розробити, розрахувати, пов'язати разом і узгодити створювані різними фахівцями та організаціями компоненти і системи майбутньої будівлі, задалегіть перевірити їх життєздатність, функціональність і експлуатаційні якості, а також уникнути внутрішніх розбіжностей.

Вся інформація BIM щодо об'єкта об'єднується в базу даних, що дозволяє в

будь-який момент часу не тільки отримувати актуальну проектну документацію та візуалізацію, а й аналізувати її.

Сучасне програмне забезпечення дозволяє створювати інформаційну модель, в якій можуть паралельно працювати архітектори, конструктори, інженери та інші фахівці, залучені до проекту. Це означає, що всі учасники проекту від початку і до кінця працюють як одна команда.

Для виконання додаткових аналітичних завдань програмні комплекси (наприклад Revit) взаємодіють з іншими програмами, які присутні безпосередньо в середовищі BIM або представлені у вигляді окремих підпрограм, а саме Autodesk Insight хмарне програмне забезпечення для аналізу енергоефективності будівель.

Після виконання розрахунку в Insight можна ознайомитись із результатами і вивчити можливості підвищення енергоефективності проекту. Insight відображає числові результати, а також інтерактивний вид моделі, який дозволяє візуалізувати опалювальні навантаження, холодильні навантаження і потенціал фотоелектричних поверхонь у моделі.

Мета роботи – поліпшення теплотехнічних показників будинку для зменшення енергоспоживання та аналіз енерговитрат будинку за допомогою хмарного програмного забезпечення Insight із подальшим порівнянням результатів енерговитрат.

Основна частина. *Розробка інформаційної моделі проекту житлового будинку.* Для енергоаналізу взято житлову будівлю, розташовану у м. Дніпро. Розміри будинку в осях 11.0 × 10.9 м, висота будинку до найвищої точки – 8 м.

Конструктивна система будинку – несні цегляні стіни. Покриття – зі сталевих балок та огорожувальні конструкції з енергоефективним утеплювачем.

Нижче наведено: 3-D вигляд будинку, план типового поверху і переріз будинку.

Матеріали огорожувальних конструкцій наведені на рисунках 4 та 5.

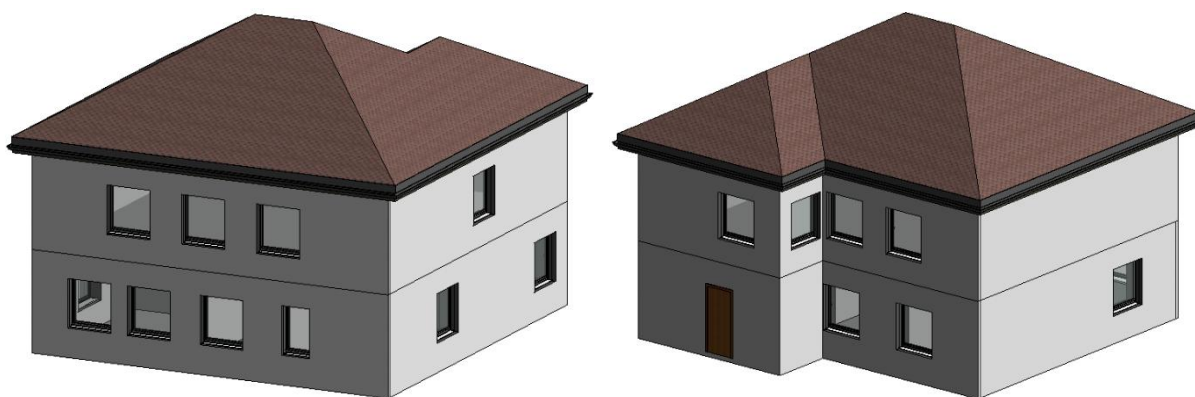


Рис. 1. 3D вигляд будинку (з різних сторін)

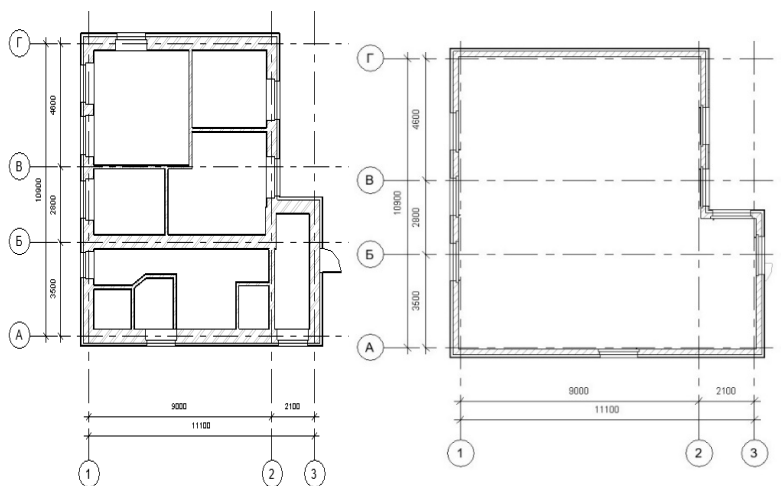


Рис. 2. План 1 та 2-го поверху будинку

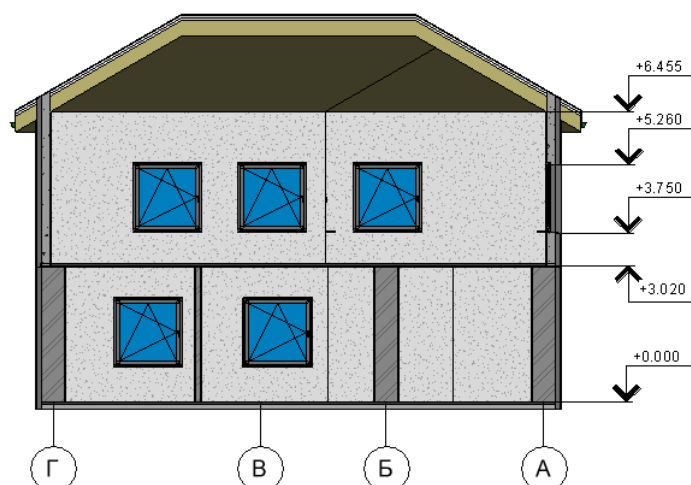


Рис. 3. Переріз будинку

<Специфікація стін>		
А	В	С
Тип	Площа	Коефіцієнт теп
Внутренние - Кирпичная перегородка толщиной 120мм оштукатуренная 25+25 мм	79 м²	2.2681 Вт/(м²·К)
Внутренние - Кирпичная перегородка толщиной 250мм оштукатуренная 25+25 мм	9 м²	1.2310 Вт/(м²·К)
ДСК_ГРЭС_Межквартирная_Газобетон D500 B3.5_200мм	136 м²	0.7500 Вт/(м²·К)
Наружный - Стена из кирпича толщиной 510 мм оштукатуренная снаружи и изнутри 25+25 мм	30 м²	0.6430 Вт/(м²·К)
Наружный - Стена из кирпича толщиной 510 мм оштукатуренная снаружи и изнутри 25+25 мм 2	111 м²	0.6639 Вт/(м²·К)
утеплитель 100	264 м²	0.3441 Вт/(м²·К)

Рис. 4. Специфікація стін

Специфікація покрівлі		
А	В	С
Тип	Площадь	Коефициент теп
ТН_ШИНГЛАС Мансарда PIR	170 м²	0.0733 Вт/(м²·К)

Рис. 5. Специфікація покрівлі

Вікна одинарні мають коефіцієнт теплопередачі $0,5679 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, двері – $0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Перед виконанням енергоаналізу створено аналітичну модель (рис. 6) опалювальних об'ємів даного будинку.

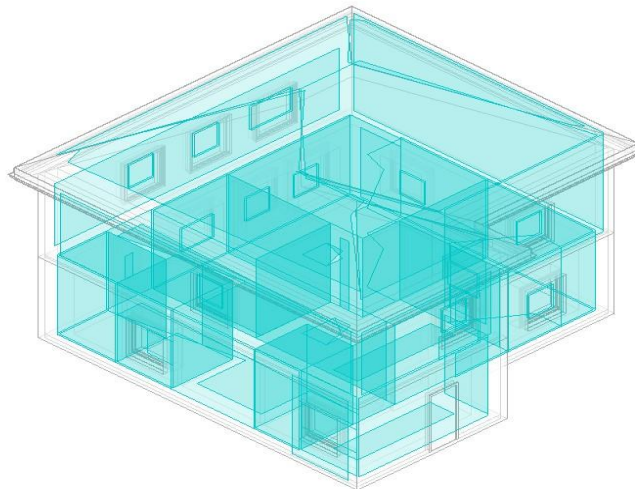


Рис.6. Аналітична модель будинку

Модель існуючого будинку завантажено в Autodesk Insight та отримано (рис. 7.)

показники енергоспоживання будинку: $104,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$.

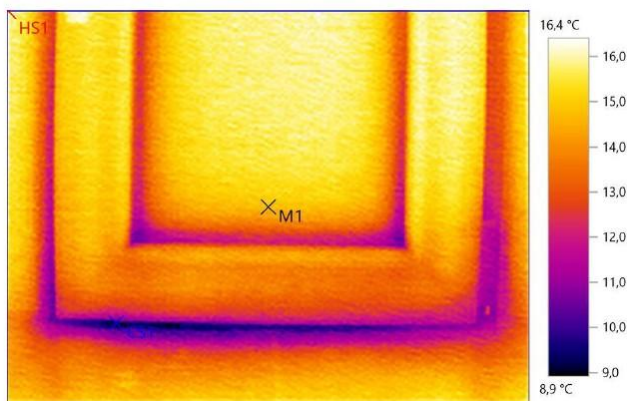


Рис.7. Результати аналізу в Autodesk Insight (до встановлення додаткових вікон)

Слід звернути увагу на недостатні теплоізоляційні властивості вікон на відміну від огорожувальних стін. Підтвердження цього – результати тепловізійної зйомки вікон цього будинку (рис. 8.).

Раніше подібні питання поліпшення теплоізоляційних властивостей світло-огорожувальних конструкцій розглядалися у працях [6–10] на основі розрахунків та підтверджувальних даних тепловізійної

зйомки вікон приватної квартири. У публікаціях [7; 8] зазначено також, що на вікні з додатково встановленою віконною рамою повністю відсутній конденсат, на відміну від однорамного вікна, на якому конденсат формується на всій площі склопакета (внизу більші краплі, зверху дрібніші). Відповідно стають вологими відкоси і з'являються грибкові сліди у вигляді чорних плям.



Параметры изображения:

Кэффициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: 18,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	14,7	0,95	18,0	CenterSpot
Самая холодная точка 1	8,9	0,95	18,0	-
Самая теплая точка 1	16,4	0,95	18,0	-

Рис.8. Результати тепловізійної зйомки вікна будинку

Для поліпшення енергоефективності будинку вирішено встановити додаткові вікна поряд з існуючими в тому ж віконному прорізі.

Після аналізу в Autodesk Insight будинку з додатковими вікнами отримано (рис. 9.) показники енергоспоживання будинку: 94,8 кВт·год/м².

За результатами числової перевірки за ДБН В.2.6-31:2016 [5] енергоспоживання

будинку складає 72 кВт·год/м². Цю різницю можна пояснити підрахунком різними методами та точністю даних.

Також після встановлення додаткових вікон проведено повторну тепловізійну зйомку вікон цього будинку (рис. 10 та 11). Температура зовні та всередині будинку до встановлення додаткових вікон та після була майже однаковою.

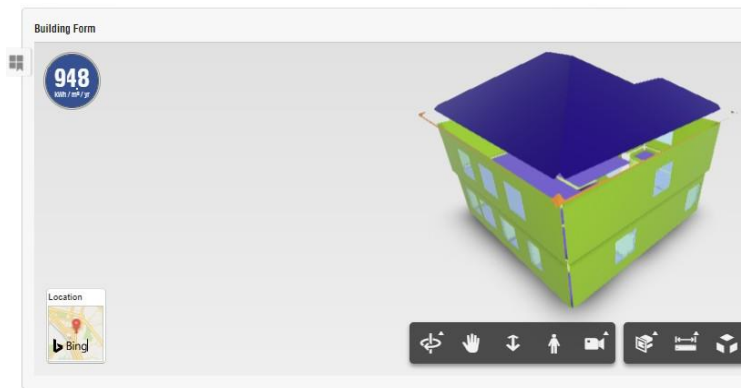
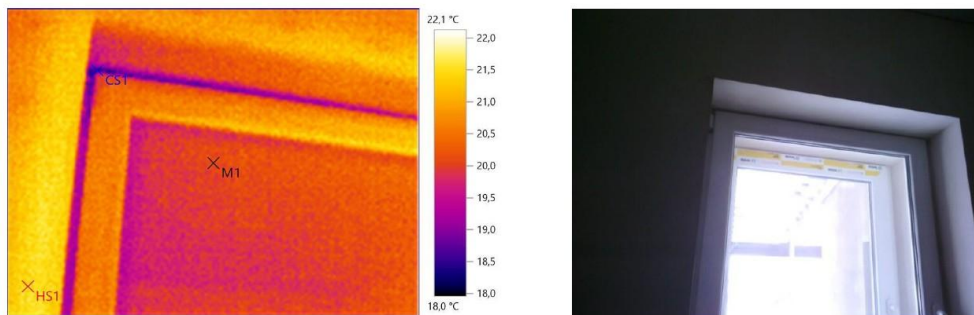


Рис. 9. Результати аналізу в Autodesk Insight (після встановлення додаткових вікон)



Параметры изображения:

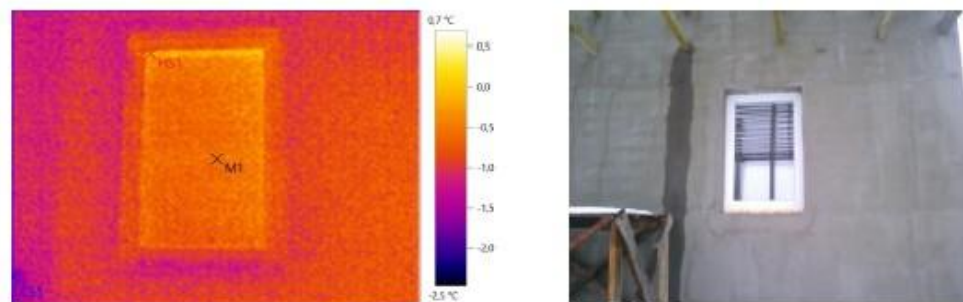
Кэффициент излучения: 0,95

Отраж. темп. [°C]: 18,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	20,0	0,95	18,0	CenterSpot
Самая холодная точка 1	18,0	0,95	18,0	-
Самая теплая точка 1	22,1	0,95	18,0	-

Рис. 10. Результати тепловізійної зйомки вікна будинку з внутрішньої сторони будинку після встановлення додаткових вікон



Параметры изображения:

Кэффициент излучения: 0,95

Отраж. темп. [°C]: 3,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	-0,5	0,95	3,0	CenterSpot
Самая холодная точка 1	-2,5	0,95	3,0	-
Самая теплая точка 1	0,7	0,95	3,0	-

Рис. 11. Результати тепловізійної зйомки вікна будинку із зовнішньої сторони будинку після встановлення додаткових вікон

Висновки

Розвиток інформаційного моделювання будівель дозволив переосмислити деякі установлені принципи проектування будівель та споруд. Програмні комплекси BIM дають нове потужне джерело вибору енергоефективних та раціональних архітектурно-конструктивних рішень.

Крім застосування енергоефективного утеплювача для огорожувальних стін, числовим та досліди́м шляхами підтверджено ефективність утеплення світлопрозорих конструкцій за допомогою додаткових віконних рам.

Отримані результати аналізу енергоефективності будинку свідчать, що після встановлення додаткових вікон енергоспоживання зменшилося на 9,1 %.

Отримана термограма частини огорожувальної стіни з додатковою віконною рамою підтверджує майже термічно однорідну зовнішню утеплювальну оболонку будинку.

Це рішення світлопрозорої конструкції дає поштовх для наступних досліджень та удосконалення конструкції віконних рам для зменшення тепловтрат будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ziganshin A., Ziganshin M. Smart BIM in HVAC. Information modeling in Heating and Ventilation Systems. Kazan`, 2018. 53 p.
2. Об утверждении отраслевой программы по разработке и внедрению информационных технологий комплексной автоматизации проектирования и поддержки жизненного цикла здания, сооружения на 2012–2015 гг. : постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31.01.12 № 4. URL : <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov2/pst685.htm>
3. Меморандум про впровадження BIM-технологій у будівництві – підписано [Електронний ресурс]. URL: <http://kbu.org.ua/index.php?id=1389>
4. BIM – Википедия : свободная энциклопедия. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM>
5. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України, 2017. 35 с.
6. Сопильняк А. М. Повышение теплозащиты ограждающей светопрозрачной конструкции. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 98. 2017. С. 161–165. URL : <http://smm.pgasa.dp.ua/article/viewFile/106794/101852>
7. Nikiforova Tetiana, Sopilniak Artem, Radkevych Anatolii, Shevchenko Tetiana. Simple methods of increasing the energy efficiency of windows in the reconstruction of old buildings. *Sustainable housing and human settlement*. Dnipro – Bratislava : SHEE “Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture” – Slovak University of Technology in Bratislava, 2018. Pp. 94–101. URL: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/10580/1/Nikiforova.pdf>
8. Сопильняк А. М., Колохов В. В., Шляхов К. В., Сенчишак Д. В., Кобзар І. І. Дослідження доцільності застосування дворамних металопластикових вікон. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 4. С. 71–78. URL : <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/165769>
9. Сегляник Б. В., Сопильняк А. М. Визначення ефективності застосування дворамних металопластикових вікон. *Проблеми будівництва, водокористування та екології : матер. Всеукр. 79-ї наук.-практ. конф. студ. та мол. вчен.* За ред. доц. Тарасової Л. Д. Дніпро : Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2019. С. 70–71. URL : <http://ndch.diit.edu.ua/upload/Конференції/ТезиПЦБ.pdf>
10. Сопильняк А. М., Колохов В. В., Шляхов К. В., Смирнов А. С. Підвищення енергоефективності світлопрозорих конструкцій. *Експлуатація та реконструкція будівель і споруд : тези доп. III міжнар. конф.* Одеса : ОДАБА, 2019. С. 141. URL : https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnie_tez_maket.pdf

REFERENCES

1. Ziganshin A. and Ziganshin M. Smart BIM in HVAC. Information modeling in Heating and Ventilation Systems. Kazan`, 2018, 53 p.
2. Ob utverzhdenii otraslevoj programmy po razrabotke i vnedreniyu informacionnyh tehnologij kompleksnoj avtomatizacii proektirovaniya i podderzhki zhiznennogo cikla zdaniya, sooruzheniya na 2012–2015 gg. : Postanovleniye Ministerstva arkhitektury i stroitel'stva Respubliki Belarus' ot 31.01.12 № 4 [On the approval of the industry program for the development and implementation of information technologies for integrated design automation and support for the life cycle of a building, structure on 2012–2015 : Resolution of the Ministry of Architecture and

Construction of the Republic of Belarus of 01/31/12 no. 4]. URL: <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov2/pst685.htm> (in Russian).

3. *Memorandum pro vprovadzhennya vim-tekhnolohiy u budivnytstvi – pidpysano!* [Memorandum on the introduction of BIM technologies in construction – signed!]. [Electronic resource]. URL : <http://kbu.org.ua/index.php?id=1389> (in Ukrainian).

4. *BIM – Vikipediya. Vikipediya : svobodnaya `enciklopediya* [BIM – Wikipedia. Wikipedia : the free encyclopedia]. 2018. [Electronic resource]. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM> (in Russian).

5. *DBN V.2.6-31:2016. Teplova izolyatsiya budivel'* [DBN V.2.6-31:2016. Thermal insulation of buildings]. Kyiv : Ministerstvo regional'nogo rozvitku, budivnictva ta ZhKG Ukraïni, 2017, 35 p. (in Ukrainian).

6. Sopilniak A.M. *Povysheniye teplozashchity ograzhdayushchey svetoprozrachnoy konstruksii* [Increasing the thermal protection of the enclosing translucent structure]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Vol. 98, 2017, pp. 161–165. URL : <http://smm.pgasa.dp.ua/article/viewFile/106794/101852> (in Ukrainian).

7. Nikiforova Tetiana, Sopilniak Artem, Radkevych Anatolii and Shevchenko Tetiana. Simple methods of increasing the energy efficiency of windows in the reconstruction of old buildings. Sustainable housing and human settlement. Dnipro – Bratislava : SHEE “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture” – Slovak University of Technology in Bratislava, 2018. pp. 94–101. URL : <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/10580/1/Nikiforova.pdf>

8. Sopilnyak A.M., Kolokhov V.V., Shlyakhov K.V., Senchyshak D.V. and Kobzar I.I. *Doslidzhennya dotsil'nosti zastosuvannya dvoramnykh metaloplastykovykh vikon* [Research of expediency of application of two-frame metalplastic windows]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2018, no. 4, pp. 71–78. URL : <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/165769> (in Ukrainian).

9. Seglyanyk B.V. and Sopilnyak A.M. *Vyznachennya efektyvnosti zastosuvannya dvoramnykh metaloplastykovykh vikon* [Determination of efficiency of application of double-frame metalplastic windows]. *Problemy budivnytstva, vodokorystuvannya ta ekolohiyi : materialy Vseukrayins'koyi 79-yi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi studentiv ta molodykh vchenykh* [Problems of construction, water use and ecology : materials of All-Ukrainian 79th scientific-practical conference of students and young scientists]. Ed. by Tarasova L.D. Dnipro : Dniprovskyy nat. un-t railway transp. named akad. V. Lazaryan, 2019, pp. 70–71. URL : <http://ndch.diit.edu.ua/upload/Конференции/ТезиПЦБ.pdf> (in Ukrainian).

10. Sopilnyak A.M., Kolokhov V.V., Shlyakhov K.V. and Smirnov A.S. *Pidvyshchennya enerhoefektyvnosti svitloprozorykh konstruksiy* [Improving the energy efficiency of translucent structures]. *Ekspluatatsiya ta rekonstruktsiya budivel' i sporud : tezy dop. III mizhnar. konf.* [Operation and reconstruction of buildings and structures: abstracts of reports III International. conf.]. Odesa : ODABA Publ., 2019, p. 141. URL : https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnie_tez_maket.pdf (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 11.06.2021.

УДК 628.11

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.116.774

ПОШУК ТОЧОК ПРИЄДНАННЯ ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

ШАРКОВ В. В.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
НЕСТЕРОВА О. В.², канд. техн. наук, доц.,
ЖУРАВЛЬОВА О. А.³, ст. викл.,
ЖЕФРУА Д. В.⁴, маг.

^{1*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: Shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

² Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-74, e-mail: nesterova.olena@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

³ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 728-45-39, e-mail: zhuravlova.olena@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-343X

⁴ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна

Анотація. Постановка проблеми. Реконструкція систем водопостачання для забезпечення зростаючих потреб споживачів у воді – це складне, тривале та дороге завдання. Варіанти реконструкцій включають розширення існуючих водозабірних споруд або будівництво нових у будь-яких точках існуючої водопровідної мережі. Різноманіття варіантів супроводжується не тільки змінами витрат води на ділянках мережі, а й змінами в розподіленні потоків. Уведення додаткових джерел у склад існуючих систем водопостачання потребує детального вивчення факторів, які впливають на технічні характеристики систем та відповідають за економічну складову проекту. **Методика.** Проаналізовано вплив визначальних факторів на сумарні втрати напору розподільчої мережі під час реконструкції системи водопостачання. Запропоновано алгоритм пошуку оптимальних точок мережі для приєднання додаткового джерела живлення, який включає визначення оптимального поточкорозподілення та відповідних технічних змін для кожного з обраних варіантів; сумарної потужності насосних станцій та напорів; аналіз комплектації системи водопостачання за обраними варіантами; економічний аналіз капіталовкладень у будівництво для влаштування схеми системи водопостачання за певним варіантом та експлуатаційних витрат під час виконання робіт. **Результати.** Вибір оптимальних точок приєднання додаткових джерел живлення залежить від величини витрат води на ділянках мережі та поточкорозподілення. Доведено, що вузли кінцевих ділянок мережі найбільше відповідають умовам пошуку оптимальних точок та можуть жити з різних напрямків залежно від величини додаткової витрати. За додаткової витрати води, не більшої за дві вузлові, сумарні втрати напору на ділянках мережі мінімальні. У разі надходження до кінцевого вузла додаткової витрати, більшої, ніж дві вузлові, спостерігається збільшення втрат напору, які можуть мати критичні значення залежно від збільшення витрати. Введення до мережі додаткових витрат води, які перевищують дві вузлові, вимагає використовувати як точки приєднання проміжні вузли мережі, розташовані на ділянках із більшою пропускною спроможністю. **Наукова новизна.** Проведено аналіз факторів, що впливають на вибір точок приєднання додаткових джерел живлення мережі водопостачання у разі її розширення. Аналіз точок проводився в обмежених діапазонах величини витрат води додаткового живлення – менших та рівних вузловим, удвічі та втричі більших за вузлову. Визначено шляхи пошуку оптимального варіанта вибору вузла мережі як точки приєднання додаткового живлення. **Практична значимість.** Використання результатів аналізу дозволить найбільш ефективно вести пошук оптимального варіанта реконструкції систем водопостачання, враховувати вплив визначальних факторів на характеристики мереж у разі змін витрат води та поточкорозподілення.

Ключові слова: водопровідна мережа; додаткове живлення; оптимальні точки приєднання

IMPROVING THE METHOD OF DETERMINING THE VALUE OF WATER LEVELS IN VERTICAL WELLS OF GROUP WATER COLLECTION

SHARKOV V.V.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
NESTEROVA O.V.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

ZHURAVLIOVA O.A.³, *Senior Lecturer*,
ZHEFRUA D.V.⁴, *Stud.*

^{1*} Department of Water Supply, Sewerage and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: Shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

² Department of Water Supply, Sewerage and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 290-98-55, e-mail: nesterova.olena@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

³ Department of Water Supply, Sewerage and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 728-45-39, e-mail: zhuravlova.olena@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-343X.

⁴ Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine

Abstract. Purpose. Reconstruction of water supply systems to meet the increased water needs of consumers is a complex, time-consuming and expensive task. Reconstruction options include expanding existing water intakes or building new ones anywhere in the existing water supply network. The variety of options is accompanied by changes in water consumption in the sections of the networks and, importantly, in the flow distribution. The introduction of additional sources into the existing water supply systems requires a detailed study of the factors affecting the technical characteristics of the systems and responsible for the economic component of the project. **Methodology.** The influence of the determining factors on the total head losses in the water distribution network during the reconstruction of the water supply system is analyzed. An algorithm for finding the optimal network points for connecting an additional power source is proposed, which includes determining the optimal flow distribution and the corresponding technical changes for each selected option; total capacity of pumping stations and heads; analysis of the complete set of the water supply system of the accepted options; an economic analysis of the construction investment and operating costs that will accompany the operation of the water supply system design options. **Findings.** The choice of the optimal connection points for additional power sources depends on the amount of water flow in the network sections and the flow distribution. It is shown that the nodes of the end sections of the network most correspond to the conditions for searching for optimal points and can be fed from different directions, depending on the amount of additional flow. With an additional water flow rate no more than two nodal flow rates, the total head losses in the network sections are minimal. When an additional flow rate of more than two nodal flows enters the final node, an increase in head losses is observed, which can have critical values depending on its increase. The introduction of additional water flows into the network, which exceed two nodal ones, requires the use of intermediate network nodes located at sections with a higher throughput as connection points. **Originality.** The analysis of the factors influencing the choice of points of connection of additional power sources of the water supply network during its expansion is carried out. The analysis of the points was carried out with limited ranges of the values of water consumption of additional feeding – less and equal to the nodal ones, two and three times larger than the nodal ones. The ways of finding the optimal option for choosing a network node as a point of connection of additional power are shown. **Practical value.** The use of the analysis results will make it possible to most effectively search for the optimal variant of reconstruction of water supply systems, take into account the influence of determining factors on the characteristics of networks with changes in water consumption and flow distribution. The use of the analysis results will make it possible to most effectively search for the optimal variant of reconstruction of water supply systems, take into account the influence of determining factors on the characteristics of networks with changes in water consumption and flow distribution.

Keywords: *water supply system; additional power supply; optimal connection points*

Вступ. Районні системи водопостачання – централізовані системи розподілення води, особливості яких полягають в обслуговуванні великої кількості споживачів, розташованих на значних відстанях від джерел водопостачання та один від одного. Така особливість вимагає використання водопроводів значної довжини, переважно розгалужених.

Зростаючі потреби споживачів води таких систем диктують необхідність улаштування нових джерел водопостачання

або розширення існуючих, що викликає докорінні зміни в схемах систем водопостачання та їх поточкорозподіленні, а, відповідно, необхідність збільшення пропускної спроможності трубопроводів, прокладання нових ділянок водопроводів, установлення нового водопідйомного обладнання та зміни режимів подавання води.

Нові джерела водопостачання можуть розташовуватися в будь-якій точці системи водопостачання, що теоретично може

спонукати навіть до відокремлення деяких споживачів від централізованої системи.

Крім того, будівництво нових джерел водопостачання, наприклад, підземних, або розширення існуючих потребує вкладення значних коштів на облаштування нових свердловин, з'єднувальних трубопроводів, збірних колодязів, систем обробки води, насосних станцій, водопроводів, станцій підвищення напору та ін.

Мета дослідження – реконструкція систем водопостачання для забезпечення додаткових потреб споживачів у воді – складне, тривале та дороге завдання.

Варіанти реконструкцій включають розширення існуючих водозабірних споруд чи будівництво нових у будь-яких точках існуючої водопровідної мережі. Різноманіття варіантів супроводжується не тільки змінами витрат води на ділянках мережі, а й змінами в розподіленні потоків. Уведення додаткових джерел у склад існуючих систем водопостачання потребує детального вивчення факторів, які впливають на технічні характеристики систем та відповідають за економічну складову проекту.

Методика. Задача визначення оптимальної схеми реконструкції системи водопостачання поділяється на декілька підзадач:

- визначення варіантів розвитку системи при введенні додаткових витрат води від нових джерел водопостачання;
- визначення оптимального потокорозподілення та відповідних технічних змін для кожного вибраного варіанта;
- визначення потужності насосних станцій та напорів, які вони повинні створювати для кожного варіанта;
- аналіз комплектації системи водопостачання прийнятих варіантів;
- економічний аналіз капіталовкладень у будівництво та експлуатаційних витрат, які будуть супроводжувати роботу вибраного варіанта схеми системи водопостачання.

Функція пошуку оптимального рішення розвитку районної системи водопостачання

(1) основана на пошуку варіанта системи водопостачання з мінімальними напорами, які створюються насосами всіх насосних станцій системи, зумовленими мінімальними втратами напору на ділянках мережі та кошторисом.

$$F(\sum H_{n,i}) \rightarrow \min(F(\sum h_i); F(C_{\text{сист}})) \quad (1)$$

Методика розширення тупикових схем системи водопостачання з оптимальним трасуванням водопроводів розроблена досить ретельно та застосовує методи теорії графів, яка дозволяє з'єднати наявних споживачів води, існуючі та можливі джерела водопостачання в єдину систему.

Кожний варіант системи аналізується за втратами напору в трубопроводах, можливості використання пропускної спроможності існуючих ділянок труб, режимами роботи та напорами насосів насосних станцій.

Інтерес викликає аналіз точок приєднання додаткових джерел живлення – вузлів мережі, введення додаткових витрат води, до яких призводить до найменших сумарних втрат напору та капітальних витрат на реконструкцію системи водопостачання.

Для цього аналізувалася водопровідна мережа з одним джерелом живлення та кількома споживачами води (рис. 1). Для спрощення аналізу прийнято, що витрати води споживачами з вузлів, довжини ділянок мережі, а також гідрогеологічні умови вузлів мережі для облаштування додаткових водозабірних споруд однакові. Таке спрощення дозволило не враховувати вплив втрат напору по довжині ділянок мережі.

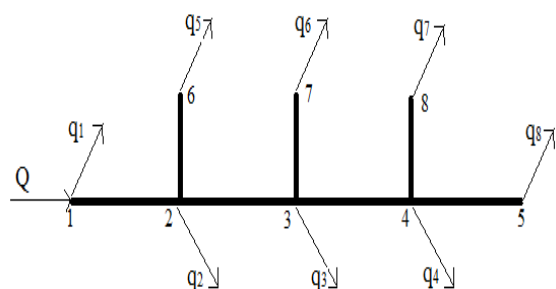


Рис. 1. Розрахункова схема водопровідної мережі

Аналіз проводився за різних значень витрат води, які вводяться до мережі від одного додаткового джерела живлення:

- додаткова витрата мережею дорівнюється витраті води з вузла;
- додаткова витрата дорівнюється двом витратам води з вузла;
- додаткова витрата дорівнюється трьом витратам води з вузла.

Такий діапазон додаткових витрат дозволив урахувати вплив можливої зміни поточкорозподілення води в мережі на кінцевий результат.

Сумарні втрати напору в мережі за введення додаткової витрати, рівної витраті з вузла мережі, залежно від точок приєднання, обчислюються рівняннями, які враховують діаметри трубопроводів, їх питомі опори S_{i_1} , (сек²/м⁶)*10⁻⁶ та витрати води по ділянках мережі, q_i , л/сек.

Наведена схема мережі поділяється на чотири типи ділянок за витратами води. Ділянки 2–6, 3–7, 4–8 та 4–5 характеризуються питомим опором S_1 , ділянка 1–2 – S_2 , ділянка 2–3 – S_3 та ділянка 3–4 – S_4 . Після спрощень втрати напору в мережі за додаткового живлення, наприклад, із вузла 5 характеризуються рівнянням (2):

$$\sum h_5 = 3S_1 + 36S_2 + 16S_3 + 4S_4. \quad (2)$$

Аналіз рівнянь, складених для всіх варіантів живлення мережі, свідчить про схожість їх структури та відмінність за коефіцієнтами до величин питомих опорів трубопроводів.

Проведемо аналіз значимості величин питомих опорів трубопроводів S_i та їх впливу на кінцевий результат дослідження.

Питомі опори будемо розглядати виходячи з кратності збільшення витрат води (від одно- до семикратних величин) ділянками мережі та відповідних діаметрів трубопроводів (рис. 2).

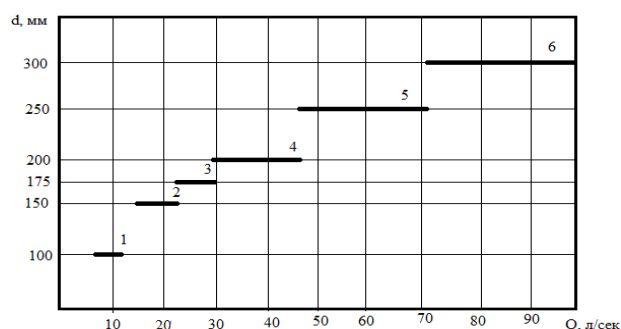


Рис. 2. Залежність діаметрів трубопроводів від граничних витрат води з економічним ефектом 0,75 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6- кратність збільшення витрат води

Залежність на рисунку 3 свідчить, що у разі збільшення діаметра трубопроводу (за обґрунтованого збільшення витрати води) ступенево зменшується питомий опір. Така залежність вимагає врахування вагомості питомих опорів трубопроводів у виборі місця розташування додаткового джерела водопостачання.

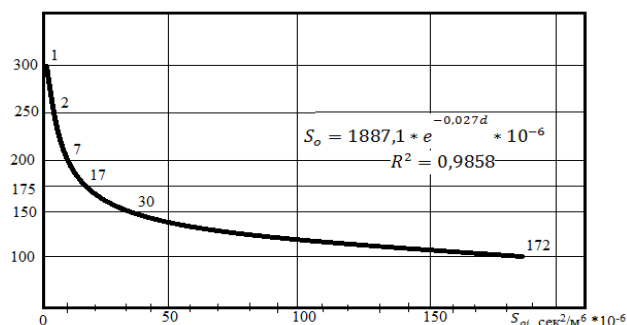


Рис. 3. Залежність питомих опорів трубопроводів від їх діаметрів; 1-, 2-, 7-, 17-, 30-, 172- кратність зменшення величин питомих опорів трубопроводів залежно від збільшення їх діаметрів

Якщо припустити, що питомий опір S_1 відповідає мінімальному діаметру трубопроводу мережі $d = 100$ мм, збільшення коефіцієнта S_1 з 3 до 4 в рівняннях для вузлів 4,3,2 та 1, тобто в 1,33 раза збільшить результат рівнянь на величину $172,9 \cdot 10^{-6}$ м.

У той же час збільшення коефіцієнта до питомого опору S_4 ($d = 200$ мм) з 4 до 9, тобто в 2,25 раза в рівняннях для вузлів 7,6,3,2 та 1, збільшить результати розрахунків усього на $34,75 \cdot 10^{-6}$ м.

Враховуючи вплив питомих опорів на результати досліджень, маємо, наприклад, для вузла 5:

$$\Sigma h_{\Sigma} = 611,62 \cdot 10^{-6}, \text{ м} \quad (3)$$

Аналогічно розраховуються втрати напору для всіх варіантів приєднання додаткового джерела живлення до мережі. Найменші результати дають рівняння з додатковим живленням у кінцевих вузлах мережі 5 та 8, тобто з вузлами, які приєднані до ділянок мережі з найменшими діаметрами трубопроводів.

Такі результати стали можливими у разі виконання раніше встановленої умови – додаткова витрата води дорівнюється витраті води з вузла. В цьому випадку ділянка мережі (для вузла 5 – ділянка 4–5), яка раніше живила вказаний вузол, не використовується, оскільки змінився напрямок його живлення. Тому вибираючи варіант приєднання додаткового живлення до мереж, слід, насамперед, розглядати крайні, найбільш віддалені точки мережі, які приєднані до мережі трубопроводами з найменшими діаметрами.

Таблиця

Загальні втрати напору на ділянках мережі за приєднання додаткового джерела в точках

Номер точки приєднання джерела водопостачання	Втрата напору в мережі за визначеної витрати додаткового джерела $\Sigma h \cdot 10^{-6}$, м		
	$Q_{\text{додат}} = Q_i$	$Q_{\text{додат}} = 2Q_i$	$Q_{\text{додат}} = 3Q_i$
5	611,62	739,27	1260,18
8	611,62	739,27	1260,18
4	712,65	739,27	1260,18
7	646,37	801,82	1368,51
3	747,37	801,82	849,91
6	665,99	829,75	1368,51
2	838,99	829,75	849,91
1	849,91	849,91	876,79

Для визначення змін у мережі проаналізовано вплив витрат води додаткового живлення на сумарні втрати напору – дві вузлові витрати та три вузлові витрати.

При цьому ділянки мережі з вузлами, до яких приєднане додаткове джерело живлення, в першому випадку проводять до мережі розрахункову витрату води, за якою підбиралися діаметри трубопроводів, в другому – більшу, ніж розрахункова.

У першому випадку витрата не викликає підвищення швидкостей руху води, а відповідно, і втрат напору, в другому – витрати вищі критичні, відповідно викликать необґрунтовано високі втрати напору.

У першому випадку оптимальними є точки 4, 5 та 8.

В другому випадку оптимальні точки – 1, 2 та 3.

Висновки

1. Проблема пошуку оптимальних точок приєднання додаткових джерел живлення ускладнюється змінами витрат води на ділянках мережі, а в деяких випадках і потокорозподіленням.

2. Аналіз мережі за обмеженої величини додаткової витрати води показав, що кінцеві ділянки мережі, до яких приєднуються додаткові джерела водопостачання, працюють у різних режимах із різними витратами.

За додаткової витрати води, яка дорівнює вузловій, живиться лише кінцевий вузол мережі. При цьому схема водопостачання може розвиватися в напрямку децентралізації, поділяючи єдину мережу на частини, залежно від джерела живлення. В такому випадку сумарні витрати напору в мережі найменші.

3. У разі надходження в кінцевий вузол додаткової витрати меншої за вузлову спостерігається двостороннє живлення вузла, що також зменшує сумарні втрати напору та виключає децентралізацію системи водопостачання.

4. У випадку надходження до кінцевого вузла додаткової витрати, більшої за вузлову, спостерігається одностороннє живлення вузла зі зміною потокорозподілення, що також виключає децентралізацію системи водопостачання. Додаткова подвійна вузлова витрата води сумарні втрати напору в мережі не змінює.

5. За надходження до кінцевого вузла додаткової витрати більшої, ніж дві вузлові, спостерігається збільшення втрат напору, які можуть мати критичні значення залежно від її величини.

6. Уведення до кінцевих вузлів додаткових витрат води, які перевищують межі пропускної спроможності ділянок мережі, вимагає використовувати як вузли приєднання проміжні вузли мережі. При цьому пропускна спроможність ділянок мережі, на яких розташовані ці вузли, більша.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. Москва : Стройиздат, 1982. 440 с.
2. Кравченко В. С. Водопостачання та водовідведення : навч. посіб. Рівне : Укр. держ. акад. водного гос-ва, 1997. 235 с.
3. Орлов В. О., Зошук А. М. Сільсько-господарське водопостачання та водовідведення : підруч. Рівне : УДУВП, 2002. 203 с.
4. Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : учеб. пособ.; изд. 2-е, перераб. и доп. Т. 3. Москва : Изд-во АСВ, 2004. 256 с.
5. Тугай А. М., Терновцев В. О., Тугай Я. А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2001. 256 с.
6. Абрамов Н. И., Поспелова М. М., Сомов М. А. и др. Расчет водопроводных сетей : учеб. пособ. для вузов; 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1983. 275 с.
7. Шарков В. В., Головачинская А. С. Анализ влияния определяющих факторов на продуктивность трубчатых колодцев. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Днепропетровск, 2015. Вып. 84. С. 207–211.
8. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинні з 01-01-2014 р.]. Київ : Мінрегіон України, 2013. 301 с. (Державні будівельні норми України).
9. Рудик В. П., Петимко П. И., Семенюк В. Д., Сергеев Ю. С. Эксплуатация систем водоснабжения. Киев : Будівельник, 1993. 184 с.
10. Halhal D. I., Walters G. A., Savic D. A. Scheduling of water distribution system rehabilitation using structured messy genetic algorithms. *Evolutionary Computation*. 01 January, 1999. Vol. 7 (3). Pp. 311–329. URL : DOI: [10.1162/evco.1999.7.3.311](https://doi.org/10.1162/evco.1999.7.3.311) PMID: 10491467.

REFERENCES

1. Abramov N.N. *Vodosnabzhenie* [Water supply]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1982, 440 p. (in Russian).
2. Kravchenko V.S. *Vodopostachannya ta vodovidvedennya : navch. posib.* [Water supply and diversion : tutorial]. Rivne : Ukr. Derzh. Akad. Vodnogo Gos-va Publ., 1997, 235 p. (in Ukrainian).
3. Orlov V.O. and Zoshchuk A.M. *Silsko-gospodarske vodopostachannya ta vodovidvedennya* [Agriculture water supply and diversion]. Rivne : UDUVGP Publ., 2002, 203 p. (in Ukrainian).
4. Zhurba M.G. and Sokolov L.I. *Vodosnabzheniye. Proyektirovaniye sistem i sooruzheniy : ucheb. posob.* [Water supply. Design of systems and structures : tutorial]. Vol. 3, Moscow : ACB Publ., 2004, 256 p. (in Russian).
5. Tuhay A.M. and Ternovtsev V.O. *Rozrakhunok i proektuvannya sporud system vodopostachannya : navch. posib.* [Calculation and design of water supply systems : tutorial]. Kyiv : KNUBA Publ., 2001, 256 p. (in Ukrainian).
6. Abramov N.I. and Pospelova M.M. *Raschet vodoprovodnykh setey : ucheb. posob.* [Calculation of water supply networks : tutorial]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1983, 275 p. (in Russian).
7. Sharkov V.V. and Holovachinskaia A.S. *Analiz vliianiia opredelaiushchikh faktorov na produktivnost trubchatykh kolodtsev* [Analysis of the impact of the determinants of productivity tube wells]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroyenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. 2015, iss. 84, pp. 207–211. (in Ukrainian).
8. DBN V.2.5-74:2013. *Vodopostachannya. Zovnishni merezhi ta sporudi. Osnovni polozhennya proektuvannya* [Water supply. External networks and structures. Basic design provisions]. [Valid from 3 01-01-2014]. Kyiv : Minregion of Ukraine, 2013, 301 p. (State Building Norms of Ukraine). (in Ukrainian).
9. Rudik V.P., Petimko P.I., Semenyuk V. D. and Sergeev Yu. S. *Ekspluatatsiya sistem vodosnabzheniya* [Operation of water supply systems]. Kyiv : Budivelnik Publ., 1893, 184 p. (in Ukrainian).
10. Halhal D.I., Walters G.A. and Savic D.A. Scheduling of water distribution system rehabilitation using structured messy genetic algorithms. *Evolutionary Computation*. 01 January, 1999, vol. 7 (3), pp. 311–329. URL : DOI: [10.1162/evco.1999.7.3.311](https://doi.org/10.1162/evco.1999.7.3.311) PMID: 10491467.

Надійшла до редакції: 02.06.2021.

НАША ІСТОРІЯ

УДК 691.116

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.122.775

МАЛОВІДОМІ СТОРІНКИ ЖИТТЯ І ДІЯЛЬНОСТІ
ІВАНА МИХАЙЛОВИЧА ТРУБИ¹
(1878–1950 рр. до 140-річчя з дня народження)

МАТРОСОВ Я. М., *інженер*

Дніпропетровська обласна організація Національної спілки краєзнавців України, вул. Д. Яворницького, 19/1, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 043-70-96, e-mail: yaroslavnikol180@gmail.com

Анотація. Постановка проблеми. Висвітлено маловідомі до цього часу сторінки життєвого шляху, педагогічної та архітектурно-будівельної і творчої діяльності українського громадського діяча І. М. Труби (1878–1950). Наведено факти про його наукову роботу в м. Полтава та аналіз його публікацій. Проаналізовано першу наукову працю І. М. Труби, присвячену економічній доцільності діяльності Полтавського товариства взаємного страхування майна від вогню. Описано переїзд ученого до Катеринослава, його активну участь у товаристві «Просвіта», педагогічну діяльність у школах та технікумах, а також роботу інженером в Управлінні Катеринославської залізниці. Висвітлено труднощі І. М. Труби в боротьбі за життєвий простір, допомогу однодумців на шляху до світлого майбутнього. Підкреслено значимість ученого в розвитку освіти Катеринославської губернії, а також його багатогранність.

Ключові слова: *І. М. Труба; письменник; викладач; будівельник; науковець; митець; історик; правник*

LITTLE KNOWN PAGES OF LIFE AND ACTIVITY OF
IVAN MYKHOLAIOVYCH TRUBA
(1878–1950 to the 140-th birthday)

MATROSOV Yar.M., *Eng.*

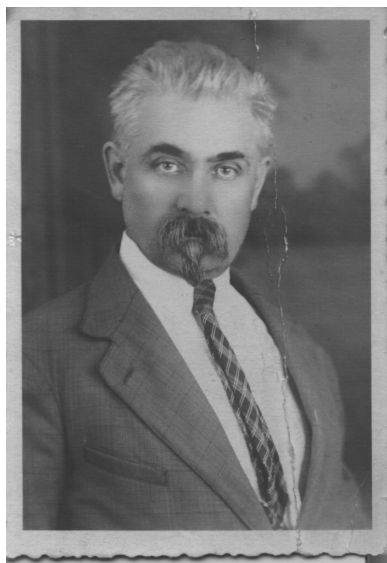
Dnipropetrovsk Regional Organization of the National Union of Local Historians of Ukraine, Dmytra Yavornytskoho Str., 19/1, 49000, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (099) 043-70-96, e-mail: yaroslavnikol180@gmail.com

Abstract. Formulation of the problem. Hitherto little-known parts of the life, pedagogical, architectural, construction and creative activities of the famous Ukrainian public figure I.M. Truby (1878–1950), the chronology of his work in the field of creativity, the time of the has been clarified. Scientific activity in Poltava. Added his scientific publications and their analysis, pedagogical and creative activity as a scientist Analyzed his first scientific work devoted to the economic feasibility of the Society for Mutual Fire Insurance. Given its strategic assessment the significance of this work of the author for the state, as a scientist and statesman. Moving to Yekaterinoslav. Participation in “Prosvita” (“Enlightenment”). Work in the field of education. Work in the Office of the Catherine Railway as an engineer. The difficulties of the struggle for life space are described, despite the innate abilities and willpower to achieve the set goal. Help of like-minded people on a common path to a “bright future” his thoughtfulness has been honed. Economist, structure-creator of an organization, an enterprise. **The purpose of the article** is to supplement the compiled monograph on the life and work of I.M. Truby. **Conclusions.** The significance of I.M. Truba in the development of education in the Katerinoslav (now Dnieper) region is highlighted. It is known that during the Bolshevik regime, in his homeland, Ivan Truba was considered an enemy of the people (which was not specified), as a Ukrainian bourgeois nationalist. And therefore, all his activities were given political anathema. Archival materials have been studied and analyzed, on the basis of which the conclusion is drawn – the significance of I.M. Truba is manifested as a person, a citizen is a patriot, namely of the Ukrainian people. The activities of Ivan Mikhailovich during his life were marked by their versatility, namely: pedagogicalism, enlightenment, political, cultural and social activities, national patriotism, writing, scientific creativity.

¹ Стаття подається в авторській редакції.

Keywords: *I.M. Truba; writer; teacher; builder; scientist; historian; lawyer*

Творча діяльність Труби І. М. вже була частково висвітлена автором в одній з минулих публікацій [1].



Іван Михайлович Труба (1878–1950)

Постановка проблеми. Осівши у Катеринославі (теперішнє місто Дніпро) після перебування у засланні за участь в студентських протестах проти Царського режиму в Санкт-Петербурзі. У 1907 році екстерном захистив діплом з відзнакою [2]. Шукаючи собі засоби існування – «на хліб і одежу», (як він пише з Катеринославу своїй дружині в Полтаву 29.05.1907р. [ПАА]*) – одними з перших його працевлаштувань у Катеринославі стали Комерційне училище, де викладав математику і фізику. Директором був Антон Степанович Сінявський [3, с. 406–411], (лист І. М. Труби з Катеринославу до Віри Петрівни (до дружини) в Полтаву, від кінця вересня 1907 року [ПАА]). Початкові школи дітям іудейського віросповідання: у жіночій єврейській гімназії, – пані Песі Лейбівни Іоффе** [4, с. 279] викладав фізику і космографію; в жіночій гімназії

С. М. Юдкович***[3, с. 447] (лист І. М. Труби з Катеринославу до Віри Петрівни в Полтаву від 03/IX/1907року[ПАА]); С. М. Юдкович [4, с. 279], та на залізничних технічних курсах у комерційному училищі Г. Г. Сви́ди [3, с. 447; 5]. «Також обіцяли вчительську посаду у Виноградова»**** (лист від І. Труби з Катеринославу в Полтаву до Віри Петрівни (лист в кінці серпня 1907 року, на бланку Катеринославської «Просвіти» [ПАА]).

Треба зазначити, що на той час у Івана Михайловича вже була перша дитина – син – хлопчик Юрко, народжений в 1906 році, та вже невиліковно хворим, який помер в 1915 році. Весь цей час Вірі Петрівні (дружині) доводилося перебувати з хворою дитиною у батьків чоловіка в місті Сосниці Чернігівської губернії; їздити на консультацію до лікаря в Петербург, та жити на цей час у близьких друзів свого чоловіка – Теремовських : Володимира Олексійовича [5] (техніка-будівельника, який залишив по собі в Санкт-Петербурзі декілька цивільних багатоповерхових будівель [6, с. 297], (відомості поновлені через інтернет за допомогою завідуючої бібліографічним відділом бібліотеки Дніпровської Державної Академії А-Б Академії – Бобровник (Луніної) Ірини Юріївни) – та його дружини – Марії Іванівни, які мешкали по вул. Гоголя, № 21, майже в притул до Ісааківського Собору.

*** Приватна жіноча (Єврейська) гімназія С. М. Юдкович з правами для учнів (вул. Тиха, 8). Нині вул. Мечникова [12]. За цією адресою можна вважати зародження усіх майбутніх технічних учбових закладів у Катеринославі. Нажаль, будівля не збереглася. Утримувачка гімназії Сура Моїсїївна Юдкович [4, с. 279].

****Можливо Іван Михайлович мав на увазі – надв. Радника Івана Феодоровича Вертоградова – засновника приватної чоловічої гімназії, з правами для учнів, що на вул. Упорна, (нині вул. Глінки [12; 11; 4, с. 270], оскільки серед ведучих діячів освіти Катеринослава того часу, прізвище Виноградов в довідниках не значиться.

*[ПАА] Аббревіатура – Приватний Архів Автора. Листи та інші матеріали, що зберігаються у приватному архіві автора [ПАА].

**Приватна жіноча (Єврейська) гімназія П. Л. (Песя Лейбівна) Іоффе (утримувачка гімназії, з урядовими правами для учнів), (вул. Базарна, 13) [4, с. 279] нині вул. Чернишевського [12].

Про цю родину та про інших друзів родини ТРУБИ варто буде згадати колись окремо.

Сьогодні, на квартирах в Полтаві, де Іван Михайлович в цей час мав наукову працю [7], яку йому влаштував товариш по Петербургу, депутат Полтавської Міської Думи, завідувачий місцевим Губернським статистичним бюро – Григорій Григорович Ротмістров.

Та от, до наукової праці: в згаданий час, в Полтаві настала ювілейна дата – 40 років створення у 1863-му році «Товариства Взаємного Страхування майна від огню» в місті Полтава. Правління цього «Товариства» вирішило відзначити ювілей цієї події «Історичним нарисом».

Є доцільним зупинитися ретельніше на цій праці, хоч була створена російською мовою і потребувала деякого перекладу. Праця, «Нарис» – була присвячена 40-річчю створення у 1863 році в Полтаві «Товариства Взаємного Страхування майна від огню». Скориставшись нагодою, І. М. Труба цією роботою, виступив не лише як фахівець в галузі статистики, а й як історик, економіст та правник. Праця налічує близько 300 сторінок по 2,5 тисячі знаків. Це фактично була його перша наукова дисертація. Перші 80 сторінок, із графіками та таблицями, присвячені розділу «Відомості про рух Товариства взаємного страхування в м. Полтаві з 1 листопада 1863 р. по 1 січня 1904 р.». У I-й главі, а саме: Виникнення та розвиток «Товариства» (с. 9–14); II-й: Органи керівництва (с. 15–31) із підглавами: – Загальні збори, Управління, Наглядний Комітет, Ревізійні Комісії, Спеціальні Комісії; III-й: Діловодство. Положення службовців. Нагороди та фонди (с. 31–40) із підглавами: Канцелярія, Технічний відділ, Книги, Матеріальне забезпечення службовців, Допомога, нагороди та фонд пожежним службовцям, Стипендії та ювілей; IV-й: Страхова операція (с. 40–73) із підглавами: Фінансовий звіт, (графіки), Ріст і розміщення запасного капіталу, Ріст страхової суми, Гарантія страхової суми запасною сумою, Переоцінка, Золоті поліси,

Пожежі, Райони пожежної небезпечності; V-й: Каса суд на заміну дахів (с. 73–80) із підглавами: Взаємовідносини між «Товариством» та Міською Думою, Місце Полтавського «Товариства» серед інших «Товариств», та Висновок. Усі ці дослідження були викладені на підставі архівних матеріалів за усі історично зазначені 40 років. Проаналізовані по-роках свого існування, були надані рекомендації, які увійшли у новий *СТАТУТ Полтавського Товариства Взаємного страхування майна од огню* із змінами та додатковими постановами Загальних Зборів, Управління Товариства і Наглядного Комітету. *СТАТУТ*, із передмовою складача, як скромно іменує себе автор, що на *Додатку I* Нумерація сторінок рахується з початку. С. 1–52 має розділи: *Загальні положення, Про збори страхувальників, Про управління справами, Про страхування, Про компенсацію пожежних збитків та Про суми взаємного страхування*. Налічує 61 параграф, підписаний Директором і начальником відділення «Товариства»; *Інструкції про порядок діяльності Управління справами* к приведенню до виконання відповідно до §19 Статуту (с. 53), та Положення про Наглядний Комітет «Товариства» з 9-ти параграфів (с. 67), а також «А» «ПРОЕКТУ ПРАВИЛ видачі суд неможливим членам-страхувальникам на заміну існуючих солом'яних, дерев'яних, і очеретових покрівель залізними або черепичними» із одинадцятьма параграфами» з 11 параграфів (с. 73).

Надалі додається Таблиця збору «премій» «Товариством» при прийнятті на страх будівель міста Полтави в різні періоди часу: за 1863-й, 1864-й, та на усі наступні роки. Таблиця премій нерухомого майна розділена по 4-м розрядам у відношенні на 1863-й, 1884-й та на наступні роки, на кожні 1 000 рублів страху. До 1-го розряду були віднесені: 1. Лавки міські та громадські, кам'яні та цегляні, покриті залізом або іншим вогнетривким матеріалом: а) В якому не знаходиться складу гарячого вина та інших швидкозапалистих речовин. б) В яких знаходиться склад гарячого вина

та інші вогнєнебезпечні речовини. 2. Домівки житлові і будови кам'яні покриті залізом або іншим неспалимим матеріалом надійно, в яких не використовуються ремесла і промисла більш-менш схильних до небезпеки від вогню, і в яких проживають: а) Сам господар і мало хто з наймачів, до того ж безпечне сусідство; б) Сам господар (або без нього) та багато найманців або небезпечне сусідство; в) багато родин та небезпечне сусідство; г) Теж саме що і в), але, якщо в них трактири, харчевні, та ливарні будинки або склад вина та інші вогнєнебезпечні матеріали, такі як сало та інше. 3. Дома і будівлі в яких містяться вогнедіючі закладу, такі як лазні, кузні, каретні майстерні, пекарні, крупчасті млини, і т. ін.

Примітка: сусідніх будівель дерев'яних, суміжних з будинками кам'яними критими залізом і дранкою, не брати до уваги як небезпечним сусідством, так само шинків що знаходяться в кам'яних будівлях не брати до уваги як небезпечними.

До 2-го розряду: 1. Лавки міські та суспільства, змішані дерев'яні з цегляними що криті залізом або іншим негорючим матеріалом: а) У яких не знаходиться складу вина і інших удобосгораємих речовин; б) У яких знаходиться склад вина та інші удобосгораєми речовини. 2. Будинки і споруди змішані дерев'яні з цегляними, криті надійно залізом, в яких не виробляється ремесл або промислів, більш-менш схильних до небезпеки від вогню, і в котрих проживають: далі тариф ділиться на підпункти а), б), в), якими визначається контингент проживаючих і рід занять в цих приміщеннях, відповідно – їх пожежонебезпека, і від цього визначається розмір страхового внеску – «премії». Всього в том розряді 6(шість) пунктів із підпунктами, тарифи котрих змінюються по-зростаючої. 6-й пункт – Дома і будівлі дерев'яні криті залізом, в яких містяться щгнедействующие закладу, як то: лазні, кухні, пекарні і т. п.

До 3-го розряду: 1. Лавки міські та суспільства, дома і будівлі дерев'яні, криті деревом або толем : а) у яких не знаходиться

складу вина і інших удобосгораємих речовин; б) у яких знаходиться склад вина та інші удобосгораєми речовини. 2. Дома і будівлі криті деревом серед міста, де відсутні суміжні будівлі криті соломною або камишем та очеретом в яких не виробляється ремесл або промислів, більш-менш схильних до небезпеки від вогню, і в котрих проживають. Далі тариф ділиться на підпункти а), б), в), якими визначається контингент проживаючих і їх рід занять в цих приміщеннях, відповідно їх пожежонебезпека, а від цього розмір страхового внеску – «премії». *Примітка:* До того ж розряду підлягають будинки і будівлі дерев'яні, криті деревом, що знаходяться між будівлями критих соломною, в яких не проводиться ремесл і промислів більш-менш схильних до небезпеки від вогню і в яких живуть.

До 4-го: 1. Лавки, міські і громадські, криті соломною або очеретом. 2. Дома та будівлі криті соломною. 3. Дома та будівлі криті соломною, в яких містяться вогнедіючі заклади, як-то: лазні, кузні, пекарні, пивоварні, і т. ін.

В 1-му розряді страховальний збір – «премії» визначався, або мусив би визначатися відповідно до таблиці, від 2-х до 5-ти рублів; в 2-му від 3-х до 7 рублів; в 3-му від 3-х до 8-ми рублів; в 4-му 12...14 рублів на рік (с. 80–84).

Наступною частиною праці – *Додаток II* (с. 85–97): Особистий склад посадових осіб товариства, і таблиця Загальних Зборів за весь історичний період по роках з числом голосів поданих за кожну кандидатуру «за» і «проти» : «А» – Посади що заміщуються по виборам Загальних зборів : Голови і секретарі; Наглядний Комітет; Склад управління; Ревізійні комісії; Оцінювачі . «В» – Посади по найму : Бухгалтерія; Помічники бухгалтера; Молодші помічники бухгалтера; архітектори; креслярі; Кур'єри (сторожа); Спеціальні комісії. (с. 98–100); Таблиці загальних зборів : з висвітленням за кожний історичний рік – датою зборів; числа присутніх; числа членів Товариства та їх відсоток до загальної кількості присутніх. *Додаток III*

(с. 101–175) – ТАБЛИЦІ Фінансових та страхових операцій в усіх їх функціях відповідно до вимог СТАТУТУ по 1906-й рік свого існування.

Нарис містить плани міста Полтави, з околицями, у 3-х варіантах: усі з умовними позначеннями, з окресленням частин міста, назвами селищ, вулиць і т. ін. План розділений на III Частини, а в доповіді (*) зазначено які райони та вулиці належали до кожної з частин міста.

Додатково до цієї праці, автор (*) склав ще чотири ДОПОВІДІ до Загального Збору страхувальників Полтавського «Товариства» від огню свого майна, від імені*) «Комісії по використанню з практичною метою матеріалів «Історичного нарису», за такими темами: «Про заміну існуючих загальних зборів членів- страхувальників загальними зборами їх уповноваженими», «Про складання річного звіту операцій Товариства», «Про зміну тарифу премій» та «Про діловодство по касі суд».

Зупинимось на тому, про що йдеться в кожній з доповідей. В першій, проаналізувавши досвід діяльності «Товариства» попередніх років, яка відноситься до §11 СТАТУТУ присвяченого виборам страхувальників «Товариства». Із використанням статистики, автор покладається на те, що натеper число членів «Товариства» значно збільшилося і нараховує більш як 2 400 членів, а як так, то, не усі можуть вирішувати свої справи у повному складі, та доводить чому. І тому пропонує обирати одного уповноваженого із 25 членів Товариства, показує яким чином. З урахуванням наступного досвіду: 1). Справа в тому, що склад зборів кожен раз залежав від випадкових факторів, а тому він був не постійний і звідси виникали розбіжності при прийнятті рішень, оскільки їх розв'язання потребує певної підготовки та знайомства з ходом роботи Товариства. Відповідно невисока ефективність Зборів. 2) Всім нинішнім Загальним Зборам в більшій чи меншій мірі притаманний характерний недолік всіх подібних установ – штучність більшості, яке іноді бере перевагу вельми незначною кількістю, а

іноді зовсім не відображає волі дійсної більшості страхувальників. 3) Інтелігентна частина страхувальників не має можливості в теперішній час впливати на більшість зборів, і тому спостерігається небажане явище – індиферентне ставлення більш освіченої частини страхувальників до справ Товариства.

Взагалі помітно падіння авторитету таких випадкових зборів до справ Товариства. Задля усунення зазначених недоліків КОМІСІЯ вважає за доцільне залишити пропозицію Урядового Статуту заміною Загальних Зборів їх уповноваженими. Та Урядовий Статут в основу такої заміни кладе *майновий ценз страхувальників*. Але, з огляду на те, що подібна система виборів в Полтавському «Товаристві» взаємного страхування вже раніше була, – в першому 10-річчі його існування, і викликала невдоволення і байдужості до справи, Комісія вважає *майновий ценз* для вибору уповноважених, що замінюють собою зібрання всіх страхувальників, *незадовільним* з причин місцевих умов. Тому Комісія вважає за потрібне зберегти існуюче нині право кожного страхувальника мати рівний голос у вирішенні справ.

Тобто з урахуванням історичного досвіду, статистики, різних факторів, та таким чином, щоб кожний член цього «Товариства», мав однаково, незалежно від страхової суми, свого страхового внеску (премії), кількості майна, будівель, і т. ін., через своїх уповноважених брати участь в справах «Товариства», число яких, щоб збори були працездатні, без зайвої витрати часу, дорівнювало б 100 (приблизно на 25 чоловік один уповноважений). Щоб страхувальники, різних категорій МАЙНА могли б взяти участь у виборах, по-перше – у найбільшій кількості, а по-друге – із впевненням, що вони зможуть провести уповноважених осіб, їм близько відомих, то обрання уповноважених проводиться для кожного району міста особливо.

У цих цілях місто розбивається на такі приблизно рівні райони, де б жили страхувальники більш знайомі один з

одним, де б не було занадто різкого розмежування у вартості окремих майн. Також можуть бути прийняті до уваги зручності спілкування та сполучення, оскільки дальність відстані завадило б багатьом брати участь в зборах; скорочувати число їх членів.

*Полтавское общество взаимного страхования от огня имуществ. Комиссия по использованию в практических целях материалов «исторического очерка». Доклад об изменении тарифа премий Комиссии по использованию в практических целях материалов «Исторического очерка» общему собранию членов страхователей Полтавского общества взаимного страхования от огня имуществ; Доклад о замене существующих общих собраний членов-страхователей общими собраниями их уполномоченных [и др.; Полтава, 1907, 4 с.; 36 с.].

Автор: Полтавское о-во взаимного страхования от огня имуществ.

Вироблений підрахунок показав, що оптимальне число таких районів дорівнює семи.

Кожний район позначений: числом одиниць страхового майна, його загальної вартості, числом страхувальників та уповноважених

На підставі викладеного Комісія доводить, що як із центральної частини міста (до якої належать 1), 2) та 6) і 3) райони), район 6) відокремити і віднести до околиць то представництво околиць майже зрівняється із числом представників із центру.

Виходячи з викладених міркувань, та Найвищого Веління від 9 Августа (Серпня) 1906 р. П. Міністр Внутрішніх Справ може в будь-який момент (наприклад після відповідного клопотання будь кого з членів «Товариства») замінити нинішні Загальні Збори на зібрання уповноважених (на збори) від майнового цензу страхувальників, що є не бажаним. Комісія пропонує Загальному Збору негайно ж клопотати перед Паном Міністром В С про зміну §11 Статуту у формі, що враховує *при збереженні представницької форми зборів*, включити

майновий ценз, який, з огляду на особливості місцевих умов, може сильно відіб'ється на складі Зборів, що дає постійно перевагу меншості центральних міських страхувальників, і навіть лише тільки їх пільговим власникам, яких інтереси по багатьом питанням суперечать інтересам дрібних і платних страхувальників. Оскільки, існуюче право кожного страхувальника мати один вирішальний голос, дало багато доказів своєї корисності, залучаючи компетентних осіб до справ Товариства, при вирішенні питань на Загальних Зборах : Нижче Комісія наводить запропонований змінений §11 Статуту із 12-ті пунктами.

Тут І. Труба не міг бути автором Доповіді до Загального Збору «Товариства» страхувальників від огню, оскільки не був його членом, але, в тексті прослідковується його рука та духовність, як автора, бо вже мав бунтарський та письменницький досвід. Треба зазначити, що на це різке підвищення чисельності членів страхувальників од огню майна передувала революційна діяльність селян по всій Росії 1905–1907 року із бунтами та підпалами поміщицьких маєтків, про що, як автор, І. Труба із жалістю описував в оповіданні «Подорож на села» (з натури) [науково-літературний місячник «Нова Громада», 1906, № 4, с. 108–118]. – Автор висвітлюється як економіст та будівельник господарської структури чималого «Товариства», що нараховувало близько 4-х відсотків від числа мешканців міста Полтава на той час, і його значимість для України, для українців, як особистість. А якщо так, то надалі буде висвітлено ретельніше подробиці життя і діяльності І. М. Труби здобуті автором.

Наступна ДОПОВІДЬ Комісії «Про складання річного звіту операцій «Товариства» своєю назвою говорить сама про себе: але, Комісія розглянув, як приклад, найбільш повний звіт за 1905 рік, знайшла наступне. З погляду на отримані із денної касової книги данні, неможливо встановити у якому стані знаходиться майно «Товариства» взаємного страхування на початок нового операційного року – в

сприятливому або несприятливому? До всієї маси рахунків до них немає жодного рядка пояснювального тексту, який зробив би його доступним до найширших верств страхувальників. По цьому Комісія вважає, що до цифрових матеріалів повинен передувати на початку звіту загальний нарис про операції «Товариства» за звітний рік, і висновок про стан справ установи взагалі. До того ж Комісія вважає, за доцільне щоб цифровий матеріал річних звітів був максимально скорочений, не на шкоду ясності, бо займає дуже багато місця за рахунок їх повторень, та повторення повинні бути усунені відповідним розміщенням даних. Оскільки Загальні Збори вирішують усі питання не передбачені Статутом, то усі Постанови, що мають відношення до ведення справи, прийняті Загальними Зборами обов'язкові як для Управління так і для усіх страхувальників, то їх оголошення у яких вирішуються питання, що мають принципіальний характер, бажане у вигляді скорочених резолюцій, на кінці річного звіту за увесь період звітного року.

В річних звітах на початку і кінці даються числа, що визначають склад «Товариства», суми застрахованого майна за розрядами, підрозділ на платну і безкоштовну частини і та «премія», яку «Товариство» втрачає на пільгових страхуваннях.

Такі підрахунки необхідні для з'ясування зростання «Товариства», для порівняння його з аналогічними установами Росії, для визначення деяких дуже важливих явищ його розвитку, як наприклад, кількість і страхова сума за додатковими переоцінками існуючого вже на страху майна; розмір знищення страхового договору через ветхість будівель, який з'ясує, як довго споруда може перебувати на пільгу, і як це може позначитися на матеріальному добробуті «Товариства».

Ставлячи потім ще таку вимогу цим статистичним даним, як зіставлення від часу до часу пожежних збитків зі стягнутої премією для кожної категорії застрахованих і полегшений прийом відшукування премії,

загублені на золотих полісах, Комісія вбачає бажаністю:

По-перше – вести підрахунки для вступників, які виходять і переходять на пільгу страхувань по одному і тому ж типу, тобто, в підрахунках давати страхову суму, число майна і споруд. Рахунок полісами скасувати.

По-друге – всі ці дані повідомляти не тільки стосовно до 4 розділах будівель, але розчленувати їх за ступенем пожежної небезпеки від сусідства.

Маючи такі підрозділи не важко простим множенням на премію з кожної 1 000 крб. ризику отримати повну премію від кожної категорії застрахованих.

Додані до звіту відомості про пожежі дають дуже цінний матеріал для перевірки тарифу премій. Але щоб полегшити відшукати зв'язок між відомостями звіту і книгами Управління було б пожежну відомість поповнити зазначенням на номер поліса постраждалого майна і рік страхування споруди.

У Доповіді «Про зміну тарифу премій» Комісія виходила з того, що обміркувавши вказівки «Історичного нарису» щодо недостатньої відповідності між стягуваної «Товариством» премії та виданими пожежними збитками для різних категорій будівель, та прийшла до висновку, що треба переглянути застосовуваний нині тариф в такому напрямку, щоб він відповідав цілком своїм цілям, як його розуміє Комісія. Так само Комісія детально ознайомилася з грошовими операціями Товариства – його приходом і витратою, а також зі станом запасу на суми ризику за весь минулий 43-річний період. На підставі даних минулого досвіду свого Товариства та відомостей про деякі Товариства, близьких за умовами своїх операцій до нашого, цілі, переслідувані нормальним тарифом, представляються такими: Якщо платежі не обтяжливі, а виключно сприятливі – місцеві умови сприяють малої пожежності, то, по накопиченню достатньої суми відсотків з якою досить на погашення всіх витрат, що відповідають тим страхуванням, які утворили запас, звільнити їх від платежу

зовсім. Якщо з плином часу дохід з капіталу буде більше, ніж то необхідно для стійкості Товариства, то надлишки не повинні бути витрачені на сторонні страхування справи; вони повинні служити лише підставою для зменшення премії всім страхувальникам. Зростання запасу повинен знаходитися в суворій відповідності з сумами ризику, тобто запас повинен рости пропорційно страховій сумі, і без ґрунтовних причин, наприклад величезної пожежі, не можна допускати зупинки в його накопиченні.

Мірою забезпечення повинна служити сума забезпечення кожної 1 000 рублів страхової суми. Принцип взаємного страхування зобов'язує кожного страхувальника однаково брати участь у внесенні витрат по організації справи, згідно з розміром страхової суми і незалежно від матеріалу споруди. Забезпечення повинно бути однаково для всіх видів і родів страхування.

Будівлі поділяються на кілька категорій в зв'язку зі ступенем їх пожежної небезпеки для того, щоб кожна така категорія самостійно погашала пов'язані з нею пожежні збитки. В наступному, по тексту Доповіді, дається аналіз діяльності Товариства в накопиченні (та збільшенні) запасного капіталу за минулі 1884–1895 роки і за для утримання премії на рівні 40 рублів на кожні 1 000 руб. ризику, пропонується скоротити деякі витрати: на ведення справи, на благодійність, зміною тарифу, уникати задоволення приватних клопотань і продовженням терміну платних років для всіх *Нових* надходжень – до 12 років. Таке ствердження ґрунтується на порівнянні з відомостями 1900 року щодо аналогічними Товариствами взаємного страхування 5-ти міст Росії, практикуючих на видачу Золотих полісів, де премія коливається від 55 до 108 рублів. В Доповіді Комісія посилається на вимогу якій тариф повинен відповідати; пропонує нову форму вироблену на підставі матеріалів «Історичного нарису» з дотриманням точного математичного підрахунку і надається в короткому схематичному вигляді для його перевірки (*с. 2).

Надалі Комісія аналізує економічні недоліки діяльності «Товариства» за минулий 1903-й та 1906-й роки і пропонує певні, але найменші зміни до нарахування премій за ради їх справедливості та уникнення непорозумінь та навіть шкоду «Товариству», наприклад:

Фабрично-заводські будівлі не приймати на страх зовсім (як того вимагає Урядовий Статут);

Самостійні торговельні заклади позбавити права на пільгу по платежу і премію стягувати у весь час страхування за їхніх розрядам, відносячи до небезпечного ризику.

Комісія наводить приклад надмірного збитку відносно до стягненої премії, посилаючись на «Нарис». Надаються обґрунтовані розрахунки на тариф з урахуванням матеріалу стін будівлі, даху, пожаробезбечності, розуміння «безпечного» сусідства (у слідстві визначення вогнебезбечності). Визначення щорічних витрат на ведення СПРАВИ по кожному з 4-х розрядах на такі платні посади як члени Правління та канцелярії (В доповіді надаються РІВНЯННЯ розрахунків розміру премії; – за обмеженістю розміру статті, не наводяться).

Такий розрахунок може завжди давати вірне уявлення про те, на скільки вдало Суспільство впоралося за протік операційного року зі своїм завданням.

Вважаючи за необхідне привести в згоду Статут Товариства з викладеними принципами і підставами табеля, Комісія пропонує Загальним Зборам порушити перед Паном Міністром Внутрішніх Справ клопотання про такі зміни СТАТУТУ:

§27. Нерухоме майно приймаються до страхування згідно певним нижче в цьому Статуті правилам. Не приймаються на страх будівлі, призначені для публічних видовищ, фабрик і заводів, товарних складів і легкозаймистих речовин, як то дьоготь, смола, спирт, пенька, льон і т. ін. і прийшли старіння будівель.

§30. Більша чи менша небезпека від пожежі залежить: а) від матеріалів з яких побудовані стіни і дах будівлі; б) від

приміщення в цьому будинку або його частині торгово-промислових підприємств, товарних складів, ремесл і занять, які користуються вогнем, легкозаймистими речовинами від сусідства на невеликій відстані (не більше 4 саж.) будинків, не приймаються в Товаристві на страх в слідстві їх небезпеки; від стану самих застрахованих будівель; від присутності у дворах лісових, сінних і т. п. складів.

§41. Додати: в усіх згаданих випадках, будівлі, в яких відбулися зміни, переводяться в категорію більшої небезпеки і залучаються до додаткового платежу, згідно зі встановленим тарифом.

§56. Додати: *Примітка:* Понад витрат позначених в §56 Статуту, можуть бути вироблені витрати лише з сум чистого прибутку, отриманого, після виконання цих трьох статей, вважаючи, що в запасний капітал необхідно поповнювати і за попередні роки, якщо тоді не було належного відрахування.

§57. Додати: Зміна платного терміну а так само позбавлення деяких найбільш збиткових категорій страхувань права на пільгу (наприклад, торгові приміщення), може бути вироблено на розсуд Загальних Зборів «Товариства».

Примітка: Якщо в будинку, звільненому від платежу премії відбудеться зміна, що підвищує його пожежну небезпеку згідно §30 цього Статуту, то власник залучається до сплати на повний період років до переведення на пільгу в розмірі, що дорівнює різниці стягнень, відповідної колишньої і тій що стала слідком пожежної небезпеки тієї будівлі.

§59. Якщо запасний капітал зменшиться по якійсь причині до розміру, коли кожна 1 000 руб. всього наявного страхового ризику матиме забезпечення менш 40 руб. запасу, то Загальні Збори вживає заходів до посилення своїх коштів, наприклад: збільшенням тарифних ставок по страхуванню будівель, залученням пільгових страхувальників до нового платежу по розкладці і приговору страхувальників і т. п.

Наприкінці цієї Доповіді Комісія пропонує ТАРИФ ПРЕМІЙ 1907 року за для 4-х розрядів страхового майна та річної премії з кожної 1 000 рублів страхового ризику: до I розряду – стіни цегляні; дах залізний або з черепиці; II розряд – стіни дерев'яні; дах міцний; III розряд – стіни дерев'яні; дах дерев'яний; IV розряд – стіни дерев'яні; дах критий соломною.

По категоріям: а) Будинки та споруди житлові і холодні, не мають торгово-промислових і ремісничих підприємств; I роз. – 2 р. 50 к.; II роз. – 3 р. 50 к.; III роз. – 3 р. 50 к.; IV роз. – 8 р.; б) Будівлі житлові і холодні, в частині яких розміщені торгово-промислові підприємства, товарні склади, заняття і ремесла користуються вживанням вогню і займистими речовинами, схильні до небезпечного сусідства, мають у дворах склади; I роз. – 3 р.; II роз. – 4 р. 50 к.; III роз. – 5 р.; IV роз. – 8 р. *Категорії а) і в) користуються звільненням від платежу премії на невизначений час після 12 платних років.*

с) Самостійні торговельні заклади, як-то: лавки, склади і т. ін.; I роз. – 3 р.; II роз. – 4 р. 50 к.; III роз. – 5 р.; IV роз. – 8 р. *Категорія с) – пільгою в платежі не користуються зовсім.*

В «Доповіді» «Про діловодство по касі суд» Комісія звертає увагу на те, що видача суд потребує від Канцелярії ведення 2-х головних Книг (журналів): *касової* та *особового рахунку*. В першій надаються щоденні надходження і витрати. Обсяг її за рік невеликий. За поточне півріччя 1907 року було 107 прибуткових і 87 видаткових статей. Форма книги дуже близька до такої що для страхової операції і пристосована до необхідних для річного звіту цифровим даним. Розглянувши разом з бухгалтером прийшли до висновку, що число і порядок граф приходу цілком відповідає призначенню книги. У витраті ж можна було б зробити невелике скорочення але без істотної користі, оскільки, довелося б отримати меншу сторінку для витрати, ніж для приходу. На думку бухгалтера необхідно змінити форму книги: скоротити число рядків для кожного окремого запису,

оскільки, необхідна тепер запис кожної окремої операції по приходу вимагає подвійного запису – спочатку прописом те, що потім дається цифрах у відповідних графах. Дається приклад. Комісія вважає таку зміну незначною і рівноцінною питанню про те, скільки рядків необхідно пропустити після кожної статті, нині трапляються все різні записи, як це позначається в кінцевому рахунку на обсязі книги і числі транспортів. І за такою своєю рівноцінності за змістом СТАТУТУ та ІНСТРУКЦІЇ та знаходиться цілком в межах волі Управління.

2. Особистий рахунок. Тут Комісія надає пояснення призначенню цієї книги, визначає недоліки з її використання, які теж покладає на нераціональну подвійну запис про стан будь якої суди, висловлює свою думку яким чином можна було б скоротити ці зайві витрати (зміною форми книги). Але, враховуючи на дуже незначну, щорічну видачу позичок (з точки зору нових записів в особовий рахунок – §§ 8,10 Проекту Правил, сплати тривають дуже довго 5 років і більш, а відстрочка первинному терміну сплати практикується часто), однієї нинішньої книги вистачить ще років на 15...20. Якщо ж прийняти нову форму, то прийдеться багато позичок переписувати, а це економічно небажано. Тому, Комісія вважає за доцільним залишити для користування попередню форму книги, обмежившись лише рекомендацією – як можна більше уникати подвійних записів.

//**--....

.... А бідолашний Іван Михайлович в цей час що не день пише листи з Катеринославу до дружини, які завжди починаються зі слів «Кохано жінко...», далі – висвітлення своїх біжучих справ, мрії, про врешті отримати постійну посаду на державній роботі, рахування кожного заробленого рубля, на утримання житла собі та родині, мрія – про врешті мати власну оселю.

Поверненню саме до Катеринославу, Івану Трубі сприяли перш за все, його товариші по Санкт-Петербурзькому українському гуртку студентів та товариші

по Катеринославській «Просвіті», з якими він подружився ще під час свого навчання в Технологічному інституті, або під час свого перебування у Катеринославі у 1905 році після повернення з сибірського заслання. Так, член студентської української спілки, врешті правник за освітою, Микола Васильович Маслов [3, с. 310], викладач комерційного училища, запрошував І. Трубу до Катеринослава, (з листа І. Труби до Віри Петрівни від 29.05.1907 р. в м. Сосницю з Петербурга, де він в цей час захищав свої дипломні проекти [ПАА]): «...Маслов кличе у Катеринослав. Він уже сюди (до Петербургу – примітка автора) не приїде – жандарми заборонили. Живе сам, бавиться фотогр. апаратом». Домовлявся з А. Синявським [3], А. С. Синявський с. 406–411); про надання І. М. Трубі часів на уроки фізики, математики [ПАА].

Коли Труба у 1907 році приїхав до Катеринослава, перш за все пішов до голови спілки «Просвіта» Сергія Онуфрієвича Ліпківського {[3], Ліпківський С. О., с. 283–286), який залишив його у себе на перші дні (Временная вул., 4 – нині вул. Жуковського [29]). «У нього ж позичив і сюртука, сорочки, галстука і т. ін.» [ПАА]. Пішов до Синявського, потім по приватним закладам Міністерства Народної Освіти

29 серпня вже «робив іспит» ученицям VI класу гімназії Юдкович [3, с. 447]. З першого вересня вже починалися уроки (Лист І. М. Труби до дружини – Віри Петрівни в Полтаву, від (?) серпня 1907 р. на бланку «Просвіти»), де в цей час на приватній квартирі з хворим Юрком перебувала Віра Петрівна на той заробіток, який І. М. Труба повинен був отримувати за свою наукову роботу в Полтаві, по частково, через Гр. Гр. Ротмістрова (інженер, Гласний Полтавської Думи, товариш Івана Михайловича). Сам І. М. Труба в цей час шукає квартиру в Катеринославі, та знайшовши 3-кімнатну, чекає жінку з дитиною на 14-те жовтня, після того, як ця квартира буде звільнена попереднім мешканцем. Та іще, планує до їх приїзду придбати якусь меблі «хоч саму потрібнішу» (з листа І. М. Труби з

Катеринославу від 3/IX-1907 р. до Віри Петрівни в Полтаву [ПАА]), описує обстановку, просить Віру Петрівну скласти списочок усього, що буде потрібно на зиму, включаючи діжечки під огірки, тарілки, каструлі, сковорідки та таке інше, «...бо обідати доведеться у себе».... «Я мусив замовити собі новий костюм, бо в моєму неможливо вже ходити, замовив звичайну сюртучну пару, сюртук і пальто осіннє..., звітує на кошторис... Бо що поробиш, коли усе так дорого. Боюся, що тобі не доведеться восени шити плаття, хіба як прийде пенсія (пенсія на хворого сина – прим. автора)». Має на цей час уроки в трьох училищах та в гімназії Юдкович [4]. Не з'ясована фінансова ситуація: дожидається структурна «реформа». «Утримувачка гімназії поїхала в Петербург клопотати порушити циркуляр... Не забудь челядку узяти». Віра Петрівна повертається до Катеринославу з хворою дитиною та без прислуги. Адресу цієї квартири в Катеринославі доки виявити не довелося, але певно можна стверджувати, що сімейне щастя тривало не довше як до травня 1908-го року. Хворий Юрко (пухлини мозку), сам не мав покою і не давав покою матері, бо мав сильні головні болі. Віра Петрівна їде з сином в Петербург на повторну операцію. Іван Михайлович очікує другу дитину. Щоб прогодувати себе та сім'ю, оплатити квартиру, мусить одночасно працювати вчителюванням в навчальних закладах у А. С. Синявського [3], Петрової* [4], Юдкович [4], Йоффе [4]*, але, якщо прямувати текстам приватних родинних листів [ПАА], за вчителювання платили почасово, а за часів канікул, які вже почалися, або насувалися, плата не нараховувалася.

А. Синявський оцінюючи Івана Михайловича як достойного фахівця-викладача та педагога і його фінансову ситуацію, відправляє його особисту справу

*Петрова Олександра Гаврилівна, начальниця приватної жіночої гімназії з правами для учнів (Проспект, буд. Арановича, № 110; нині пр. ім. Д. Яворницького) [4, с. 278].

до Міністерства Торгівлі та Промисловості на «представленіє у штати», інші утримувачі навчальних закладів відпускати І. М. Трубу також не поспішали. Іван Михайлович був у відчаї: від втоми, він вже думав покинути вчителювання.

З подачею його документів на «подання» у штати – був не впевнений у позитиві наслідків. Сподіваючись на отримання роботи на державну службу в управлінні Катеринославської Залізниці – справа тягнулася: ходив за протекцією до Фовицького[4**], прохав протекції у Єворницького....». (Листи І. М. Труби з Катеринославу до Віри Петрівни в Петербург від 10/V – 08 р., та від 19/V – 08 р. [ПАА], ([3]*, Яворницький Д. І. (змінив прізвище з Єворницького*) [3]*, с. 501–505).

У І. М. Труби залишається ще проблема житла, «...бо усе суттєво дорожчає – за квартиру хазяїн вже теж набавив». І. М. Труба домовився з М. В. Масловим, що той перейде в його оселю, а до Маслова перейде Іван Данилович (рідний брат Іллі Даниловича Вирви* – ([3]*, І. Д. Вирва, с. 144–149), бо той не ладить з господаркою помешкання....«Згуртувалася така українська спілка (усе свої люди, хоч половину ти мабуть і не знаєш) котра дума купити невеличке місто (під будівництво), збудувати будиночок і жити собі, щоб не платити хазяям скажених грошей, бо усі хазяїни набавляють... От же по цій справі я і бігаю, або міркую трохи не усі дні: то шукаю місто, то робимо план, то пишемо листи, то складаємо промови (звернення); багато іншого робимо...(щоб Петрова ([4]*, с. 278) не надула!)» (з листа І. М. Труби з Катеринославу до Віри Петрівни у Полтаву від 19/V-1908 р. [ПАА]). Щоб менше витратитися на житло. Маслови перебралися до квартири Труби, сам живе в купі з Ів. Даниловичем (з листа І. М. Труби з Кате-

**Фовицький Олексій Леонідович, утримувач приватної чоловічої гімназії з правами для учнів (на рогу Проспекту і Хрестової вулиць, буд. Рагинського) [4, с. 269]; нині на рогу пр. Яворницького та вул. Василя Чаплєнка)

ринославу до Віри Петрівни у Полтаву від 24/V-1908 р. [ПАА]). З посадою в Управлінні залізниці є надія, із затвердженням у штати нічого не відомо». (Відомо, що у 1918 році Івана Михайловича Трубу було призначено Товаришем (заступником – *прим. автора*) Міністра Торгівлі і Промисловості* по справах освіти, бо так поважали Івана Трубу як діяча культури в міністерстві *(Газета «Народная Жизнь», № 51, 21 {8} квітня, 1918 року). Та від цієї посади він відмовився, оскільки того часу був захоплений справами українізації Катеринославського краю, як губернський Комісар Освіти). Його проблема із житлом залишається не вирішеною, місто про яке дбала «українська спілка» увійшло з її рук, та до того часу він (І. М. Труба) буде жити у Богуславських ([3], Богуславський М. О., с. 126–133); (лист від 13/VI-1908 р. І. М. Труба з Катеринославу до Віри Петрівни у Полтаву [ПАА]). Майже за рік по родах другої дитини – доньки Олесі, Віра Петрівна залишила її у катеринославських друзів – Ємців ([3], Ємці, с. 192–203), а сама з хворим Юрком поїхала до Петербургу на консультацію до лікаря (картка І. М. Труби з Катеринославу до Віри Петрівни на адресу до Теремовських у Петербург, від 29/IV-1909 р. [ПАА]). В наступному листі за тієї ж адресою, поради І. М. Труби до Віри Петрівни : на звороті з Петербургу заїхати в Сосницю, (батьки Івана Михайловича мешкали в місті Сосниця Чернігівської губернії) домовитись з батьками про Юрка (на усе літо), з'ясувати: про плани ремонту їх хати у городі, про дачу на В'юнищі (околиця Сосниці де родина Труби мала дачну ділянку), розміри земельних ділянок належних батьку, їх вартість, та багато з цим пов'язаного іншого. У лікарів уточнити перспективи за сина; висловлює один із варіантів в перспективі побудуватися в Сосниці (Лист Івана Михайловича з Катеринославу до Віри Петрівни в Петербург від 02/V-1909 р. [ПАА]).

...«Рано приїхала в Сосницю»: І. М. Труба ще без грошей і без квартири, донька у Ємців «— відвідую, здорова»

(Картка Івана Михайловича з Катеринославу до Віри Петрівни в Сосницю від 6/V-1909 р. [ПАА]); І. М. Труба живе досі у Онуфрієвича, обідає у Богуславського ([3], Ліпківський С. О., с. 283–286; Богуславський М. О., с. 126–133) (Картка Івана Михайловича з Катеринославу до Віри Петрівни в Сосницю від 30/V-1909 р. [ПАА]).

В листі роздуми про квартиру за для сім'ї, щоб достатньо була площею та ближче до Управління (Залізниці – де він вже також служить); чекає прибавку до зарплати; Петрова [4, с. 278] пропонує уроки фізики, та дуже важко одночасно до Юдкович [4, с. 279] і до Петрової [4, с. 278]. «Я як звичайно теліпаюсь то на службу то на постройку?» (мабуть Іван Михайлович розпочав будівництво власної оселі на вул. Пороховій, 22), або на мануйлівську «Просвіту», або до Єфремових [8] (*прим. автора*)) (Лист Івана Михайловича з Катеринославу до Віри Петрівни в Сосницю від 02/VI-1909 р. [ПАА]).

Іван Михайлович збирається 24-го (червня) вечором в Сосницю на 2...3 дні, «...бо 30-го треба на службу. Ідуть іспити в гімназії. Із 29-х шестеро залишилися на 2-й рік, 5 получили медалі (Картка від Івана Михайловича з Катеринославу до Віри Петрівни в Сосницю від 20/VI-1909 р. [ПАА]) (питає: «пиши: як ти доїхала, чи видужала дочка?» (Мабуть переплутав із с сином (Прим. автора))...», Ємці сердяться....».

З наступного листування стало зрозуміло, що Іван Михайлович вже у 1909 році надумав і заклав будівництво власної оселі. На літо Віра Петрівна взяла до себе в Сосницю і доньку Оленку але гроші, які вона мала на утримання, майже скінчилися, а треба ще знову їхати у Петербург до лікаря, і вона скаржиться на це чоловіку, та той виправдовується, що сам чекає борги до себе – від Єфремова*, [3,* Єфремови, с. 202–208], з гімназії, за понадпланові, «на які я сподіваюся..., та частку свого боргу – вже повернув», а крім того:... «Купив собі 3 хустки, 2 пари носків, галстух, ботинки – за 7 карб. 75 коп., зонта,

навіть зонти – шовкового за 4 карб. і щодня ношу його на службу, а дощу нема й нема (звітує дружині)... Гроші пришлю тобі 1-го числа ще й більше ніж обіцяв, тільки ти напиши скільки тобі треба... З квартирою дуже тяжко, багато бажаючих. Ємці лаяли мене за те що я відмовився від їх подарунка – шматка землі під своє будівництво на їхній ділянці. Дорошенко* теж тут [3, * Дорошенки, с. 182–189]. Єфремови уже з тиждень, як перебрались. Несподівано, жінка (Єфремова) задоволена з будинку і дуже щиро поїть мене чаєм, як я приходжу доглянути за дрібницями, які ще не скінчені (в серпні цього (2019) року мине 110 років будинку Єфремових який з небагатьох, що зберігся з тих, які згадуються в статті «Рука Івана Труби» [8, с. 235], на колишній Архієрейській вулиці (пізніше вул. Дмитра Донського» [12], нині вул. Дмитра Донцова, будинок, що зберігся). P.S. ... в неділю у гімназії робив іспити до 2-х годин : прохають взяти і фізику, і космографію і арифметику. Але ж не хочеться!» (з листа І. М. Труби з Катеринослава до Віри Петрівни в Сосницю від 26/VIII-1909 р. [ПАА]).

План першої з будівель колективного призначення з описом розташування приміщень зустрічається в листі Івана Михайловича до катеринославського члена Просвіти Миколи Лавроновича Кузьменка від 30.X.1907 року, якій крім плану майбутньої Мануйлівської «Просвіти» на передмісті Катеринослава, що з залом на 500 душ, із приміщеннями для артистичної кімнати, сцени, сінами, додатковими кімнатами для бібліотек, в тому числі для сторожа, чоловічою та жіночою уборних. План містить кошторис та повний розрахунок будівлі [ПАА] [М.Ч. і хто ще писав про цю будівлю [8]. Складає плани ділянок під будівництво власних осель вчителям Катеринославу, в тому числі Ємцям (лист до Віри Петрівни 7.VII.1908 р. з Катеринославу [ПАА]), який був затверджений в 1909 році (лист до Віри Петрівни в м. Сосницю 08.VIII.1909 р. [ПАА]). Взагалі діяльність просвітян з якими так чи інакше були пов'язані життя і

діяльність Труби І. М. висв'ячені в працях : Чабан М. П. ([3], Емець Галина Миколаївна та Ємець Максим Кузьмич, с. 192–202 [Текст]. / М. П. Чабан // Діячі Січеславської «Просвіти» (1905–1921, М. П. Чабан; вступ сл. І. Дзюби. – Київ : Укр. Журналіст, 2002. – 535 с.). А зокрема архітектурно будівельна діяльність – в бібліографічному довіднику «Українське Обличчя Катеринослава» – серія: Архітектура Дніпропетровська – Вид-во Дніпропетровської обласної універсальної наукової бібліотеки. – Дніпропетровськ, 2003. 46 с.; також [8].

В той час, як Віра Петрівна з двома дітьми – Юрком та Олесею перебувають у батьків в Сосниці, Іван Михайлович заробляє непохитною працею на ниві освіти. В гімназії у неділю приймає іспити, йому додатково пропонують взяти уроки фізики, космографії, арифметики. Він їздить наглядати до будівництва Мануйлівської «Просвіти», ходить наглядає за доробками будівництва свого проекту до Єфремових, де господиня «...щиро кожного разу поїть його чаєм» та за будівлю оселі нахваляє. Працює в Управлінні Залізниці. За зароблені гроші «купує собі 3 хустки, 2 пари носків, галстух, ботинки за 7 карб. 75 коп., зонти, навіть зонти шовкового за 4 карб. і щодня носить його на службу, «а дощу нема й нема...». Розраховується із своїми боргами та відправляє гроші дружині на утримання сім'ї (з листа до Віри Петрівни від 26.VIII.1909 р. [ПАА]). Приїхав до Катеринославу товариш по Петербургу – Дмитро Дорошенко, восени 1909 року відбулося «бучне молебство – закладка Мануйлівської «Просвіти», Іван Михайлович склав проект будівництва оселі Ємцям на лівому березі Дніпра. Власного житла родина ще не має, Віра Петрівна з сином Юрком на консультації у лікарів в Петербурзі та мешкає у Теремовських. Голова родини перебуває у друзів – просвітян (Богуславських) та в пошуках тимчасової оселі. ([ПАА] поштова картка І. М. Труби з Катеринославу до Віри Петрівни в Пітербург від 05.IX.1909 р.)

Врешті, навесні 1910 року Іван Михайлович починає будівництво власної

оселі із залученням в допомогу свого батька Михайла. Разом із товаришем по «Просвіті» Миколою Богуславським, отримують (треба вважати що не без сприяння керівництва Управління Катеринославської Залізниці, де обидва працювали у цей час) поруч земельні ділянки по вулиці Пороховій за номерами 22 та 20 відповідно, і разом будують власні будинки.

Свій будинок Труба спроектував в стилі Українського модерна, двоповерховий [8]; Будинок М. Богуславського по скромніший – одноповерховий, під шлаковою черепицею. Обидва мали багато спільних технологічних та конструктивних особливостей: шлаковий, битий – фундамент, із шлакової цегли кладеної на вапні, та дещо інше...

Богуславські перебралися до себе, на початку літа, а родина І. Труби аж восени 1911 року.

(Листи І. М. Труби з Катеринославу до Віри Петрівни в Сосницю від 18/V-1910 р.; та від 28/V-1911 р. до Петербургу відповідно, [ПАА]).

Щоб раніше розквітатися з боргами за кредит на будівництво, Іван Михайлович одночасно з власним будівництвом, на

замовлення виконував плани та складав сміти будівництва друзям та іншим людям.

Одночасно, окрім Управління Катеринославської залізниці, додатково до перелічених раніше учбових закладах, із січня 1911 року працює викладачем геометрії та фізики у тільки-но зорганізованих в Катеринославі Технічних Курсах В. Х. Коробочкіна.

Довідник «Весь Екатеринослав» за 1911 рік, видання Л. І. Сатанівського, на с. 212–213 [9] оповіщає, що Перебуваючи при Міністерстві Торгівлі і Промисловості по навчальному відділу, Катеринославські Технічні Курси (КТК) В. Х. Коробочкіна, на вулиці Воскресенська, 8, на рогу з вулицею Тихою, (нині вул. Мечникова [12]) із січня цього року почали своє існування.* (*переклад з російської мови – автора).

Висновки. Проаналізувавши життєвий шлях І. М. Труби, можна дійти висновку про його значимість як особистість в багатогранності діяльності не лише для Катеринославщини, але й для усієї України, українського народу, – для Українців. А можливо, й ширше...

Далі буде – в наступних випусках «Українського журналу будівництва та архітектури».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матросов Я. М. Сподвижник української справи на Катеринославщині Іван Михайлович Труба (1878–1950). Українська Біографістика НАНУ : збірник наукових праць інституту біографічних досліджень НАНУ-2015. Вип. 12. Київ : Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, 2015. С. 251–282.
2. Воронова А. А. Труба Иван Михайлович. Технологический институт им. Ленинградского совета рабочих, крестьянских и красногвардейских депутатов. Вступительная статья. 1928. Т. I. С. 722; Т. II. С. 359. Санкт-Петербургский Технологический институт.
3. Чабан М. П. Діячі Січеславської «Просвіти» (1905–1921). Труба І. М. Київ : Укр. Журналіст, 2002. С. 445–451.
4. Календарь – Ежегодник Приднепровье : довідник. Видання А. Авчиннікова, 1911.
5. Весь Петербург : довідник. Видавництво С. А. Суворіна, 1917.
6. Гинзбург А. М., Кириков Б. М., Федоров С. Г., Филиппова Е. В. Архитекторы-строители Санкт-Петербурга середины XIX – начала XX века : справочник. Междунар. благотворит. фонд спасения Петербурга – Ленинграда, Гос. музей истории Санкт-Петербурга; под общ. ред. Б. М. Кирикова. Санкт-Петербург : Пилигрим, 1996. 397 с.
7. Иван Труба. Исторический очеркъ развития и деятельности Полтавского Общества Взаимного Страхования отъ огня имуществъ. (Съ 1 ноября 1863 г. по 1 января 1904 г.). Полтава : Электрич.ск. типолитография И. А. Дохмана, 1906. С. 80. 175 с.
8. Старостін В. С. Столиця степового краю. Нариси з історії міста. Дніпропетровськ : БАТ «Дніпрокнига», 2000. 280 с.
9. ДАДО. Весь Екатеринослав : довідник. Видання Л. И. Сатановського, 1911 р. С. 212–213.
10. ДАДО. Весь Екатеринослав : довідник. Видання Л. И. Сатановського, 1912 р. С. 225–226.
11. ДАДО. Весь Екатеринослав : довідник. Видання Л. И. Сатановського, 1913 р. С. 218–219.

12. Стародубов А. Ф., Самодрига В. В., Іванов С. С. Пам'ять історії – м. Катеринослав (м. Дніпропетровськ) за літературою та споминами. Дніпропетровськ : «Дніпро-VAL», 2011. 212 с.

REFERENCES

1. Matrosov Yar.M. *Spodvignyk ukrainskoyi spravy na Katerynoslavshhyni Ivan Mixajlovich Truba (1878–1950)* [Supporter of the Ukrainian cause in the Ekaterinoslav region Ivan Mikhailovich Truba (1878–1950)]. *Biographistica ukrainica Nacional Academi Nauk Ukraine Nacional Bibliothek Ukrajne imeni V.I. Vernadskogo : zbirnyk naukovykh prac Instytutu biographichnykh doslidgen-2015* [Ukrainian biography : collection of scientific works of the Institute of Biographical Research-2015]. Iss. 12, Kyiv : Vernadsky National Library of Ukraine, 2015, pp. 251–282. (in Ukrainian).
2. Voronov A.A. *Truba Ivan Mixajlovich. Texnologicheskij insnitut imeni Leningradskogo soveta rabochix, krestyanskix end krasnogvardejskix deputatov* [Truba Ivan Mikhailovich. Technological Institute named after the Leningrad Soviet of Workers 'and Peasants' and Red Guard's Deputies]. Vol. I, p. 722; vol. II, p. 359, 1928. Saint-Petersburg Institute of Technology. (in Russian).
3. Chaban M.P. *Diyachi Sicheslavskoyi “Prosvity”(1905–1921.) Truba I.M.* [Truba Ivan Mihajlschvich. Figures of the Sicheslav “Enlightenment” (1905–1921)]. Kyiv : Ukrainskyi Zhurnalist Publ., 2002, 535 p. pp. 445–451. (in Ukrainian).
4. *Kalendar – Ezhegodnik Pridneprovje : spravochnik* [Calendar – Yearbook Pridneprovje : Reference book]. A. Avchinnikov Publ., 1911. (in Russian).
5. Suvorin S.A. *Ves Peterburg 1911–1917 : spravjchnik* [All Petersburg 1911–1917 : Reference book]. S.A. Suvorina Publ., 1917. (in Russian).
6. Ginzburg A.M., Kirikov B.M., Fedorov S.G., and Filippov E.V. *Arxitektory-stroiteli Sankt-Piterburga serediny XIX- nachala XX veka : spravochnik* [Architects-builders of St. Petersburg in the middle of the 19th and beginning of the 20th century : Directory]. Gen. ed. by B.M. Kirikova. International Charitable Foundation for the Rescue of St. Petersburg – Leningrad. State Museum of the History of St. Petersburg. Pilgrim Publ., 1996, 397 p. (in Russian)
7. *Truba Ivan. Historicheskij Ocherk razvitija end dejatelnosti Poltavskoho Obshhestva vzaimnoho Straxovanija ot ohnja imushhestv (s 1 november1863 j. end 1 januar 1904 j.)* [Historical sketch of the development and activities of the Poltava Society for mutual property fire insurance (from November 1, 1863 to January 1, 1904). Poltava : Elektricheskaya typolitografia I.A. Dokhmana Publ., 1906, p. 80, 175 p. (in Russian).
8. Starostin V.S. *Stolycj stepovoho kraju. Narysy z historij mista* [The capital of the steppe region. Essay on the history of the city]. Dnipropetrovsk : OJSC “Dniproknyha”, 2000, 280 p. (in Ukrainian)
9. Satanovskij L.I. *Ves Ekaterinoslav : dovidnyk* [All Yekaterinoslav : directory]. 1911, pp. 212–213. (in Russian).
10. Satanovskij L.I. *Ves Ekaterinoslav : dovidnyk* [All Yekaterinoslav : directory]. 1912, pp. 225–226. (in Russian).
11. Satanovskij L.I. *Ves Ekaterinoslav : dovidnyk* [All Yekaterinoslav : directory]. 1913, pp. 218–219. (in Russian).
12. Starodubov A.F., Samodryha V.V. and Ivanov S.S. *Pamjat Historii – m. Katerynoslav (Dnipropetrovsk)za literaturoyu ta spomynamy* [Memory of history – Katerynoslav (Dnipropetrovsk) by literature and memoirs]. Dnipropetrovsk : “Dnipro-VAL”, 2011, 212 p. (in Russian(in Ukrainian));

Надійшла до редакції 31.03.2021.

АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ

УДК 378 (075.3)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.137.776

РОЛЬ ВИКЛАДАЧА БУДІВЕЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ У ФОРМУВАННІ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ СТУДЕНТІВ

САВИЦЬКИЙ М. В.¹, докт. техн. наук, проф.,
ЄВСЄЄВА Г. П.², докт. наук з держ. упр., проф.,
ЛИСЕНКО Г. І.^{3*}, канд. іст. наук, доц.

¹ Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра українознавства, документознавства та інформаційної діяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-94-98, e-mail: yevsieieva.halyna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9207-6333

^{3*} Кафедра українознавства, документознавства та інформаційної діяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 27-99-508, e-mail: lysenko.halyna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6216-5025

Анотація. Постановка проблеми. Актуальність дослідження ролі викладачів технічних закладів вищої освіти у формуванні академічної доброчесності студентів визначається: світовими тенденціями в галузі освіти, які спрямовуються на підвищення стандартів академічної культури; Національною стратегією розвитку освіти в Україні; новою освітньою парадигмою, яка ґрунтується на впровадженні особистісно зорієнтованого та компетентнісного підходів до навчання, а також дотримання всіма учасниками освітнього процесу принципів академічної та наукової доброчесності. **Мета статті** – проаналізувати рівень розвитку професійно-педагогічної компетентності викладачів сучасних закладів вищої технічної освіти та визначити роль науково-педагогічних працівників у формуванні академічної доброчесності студентів із метою вдосконалення педагогічного процесу у вищій технічній школі України. **Висновок.** Принципи академічної доброчесності мають стати повсякденною нормою корпоративної культури сучасної академічної спільноти. Незважаючи на те, що вища освіта України має численні проблеми із дотриманням доброчесності, оскільки тільки нещодавно стала на шлях побудови доброчесного освітнього середовища, саме принципова позиція професорсько-викладацького складу може допомогти успішно запровадити норми академічної і наукової доброчесності в повсякденну практику педагогічного процесу, у тому числі у Придніпровській державній академії будівництва та архітектури.

Ключові слова: академічна доброчесність; корпоративна культура академічної спільноти; професійно-педагогічна компетентність викладача ЗВО; гуманітарно-технічна еліта

THE ROLE OF THE TEACHER OF THE CONSTRUCTION INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION IN FORMATION OF ACADEMIC INTEGRITY OF STUDENTS

SAVYTSKYI M.V.¹, Dr Sc. (Tech.), Prof.,
YEVSIEIEVA H. P.², Dr. Sc. (Publ. Admin.), Prof.,
LYSENKO H.I.^{3*}, Ph.D., Assoc. Prof.

¹ Department of Reinforced Concrete and Stone Constructions, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Department of Ukrainian Studies, Documentation and Information Activity, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-94-98, e-mail: evseeva@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-9207-6333

^{3*} Department of Ukrainian Studies, Document Studies and Information Activities, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (096) 27-99-508, e-mail: lysenko.halyna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6216-5025

Abstract. Formulation of the problem. The relevance of the study of the role of teachers of technical institutions of higher education in the formation of academic integrity of students is determined by: global trends in education, which are aimed at raising the standards of academic culture; National Strategy for Education Development in Ukraine; a new educational paradigm, which is based on the introduction of personality-oriented and competency-based approaches to learning, as well as compliance by all participants in the educational process of the principles of academic and scientific integrity. **The purpose of the article** is to analyze the level of development of professional and pedagogical competence of teachers of modern institutions of higher technical education and determine the role of research and teaching staff in shaping the academic integrity of students to improve the pedagogical process in higher technical school of Ukraine. **Conclusion.** The principles of academic integrity should become the daily norm of corporate culture of the modern academic community. Despite the fact that higher education in Ukraine has many problems with integrity, as it has only recently embarked on the path of building a virtuous educational environment, it is the principled position of teaching staff can help successfully introduce the norms of academic and scientific integrity in everyday practice including at Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Keywords: *academic integrity; corporate culture of the academic community; professional and pedagogical competence of the teacher of high school; humanitarian and technical elite*

Постановка проблеми. Актуальність дослідження ролі викладачів технічних закладів вищої освіти у формуванні академічної доброчесності студентів визначається: світовими тенденціями в галузі освіти, які спрямовуються на підвищення стандартів академічної культури; Національною стратегією розвитку освіти в Україні; новою освітньою парадигмою, яка ґрунтується на впровадженні особистісно зорієнтованого та компетентнісного підходів до навчання, а також дотримання всіма учасниками освітнього процесу принципів академічної та наукової доброчесності.

Аналіз публікацій. Проблема сприяння академічній доброчесності постала в українському просторі вищої освіти на початку 2000-х років. Саме тоді за сприяння посольства США було проведено низку заходів із метою запровадження Кодексу честі у закладах вищої освіти України. Відповідно, дослідники почали активно розробляти питання запровадження принципів академічної доброчесності в освітню практику України, аналізуючи пройдений США досвід у цій сфері [7].

У руслі означеного процесу відбувається співпраця європейських та українських освітніх структур із метою вивчення і впровадження зарубіжного досвіду щодо імплементації норм академічної доброчесності в освітній простір України [1].

Дослідниця О. Слободянюк проаналізувала характер наявних практик

сприяння академічній доброчесності та розробила рекомендації до їх удосконалення [4]. З огляду на актуальну необхідність розроблення методики підвищення професійно-педагогічної компетентності науково-педагогічних працівників сучасних закладів вищої технічної освіти (у сфері академічної доброчесності у тому числі) формулюємо мету нашого дослідження.

Мета статті – проаналізувати рівень розвитку професійно-педагогічної компетентності викладачів сучасних закладів вищої технічної освіти та визначити роль науково-педагогічних працівників у формуванні академічної доброчесності студентів із метою удосконалення педагогічного процесу у вищій технічній школі України.

Виклад матеріалу. В умовах реформування вищої освіти України на порядок денний вийшло питання підвищення її якості, від чого буде залежати успішність і конкурентоспроможність як самих закладів вищої освіти, так і їх випускників. Велика відповідальність у справі забезпеченні якості вищої освіти покладається на всіх учасників освітнього процесу, але найбільше — саме на викладачів, від рівня професійної компетентності яких напяму залежить формування професійних компетентностей студентів як майбутніх конкурентоспроможних фахівців.

Згідно із ст. 1 чинного Закону України «Про вищу освіту», компетентність — це динамічна комбінація знань, вмінь і

практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти [2].

Стаття 53 того ж Закону визначає, що науково-педагогічні працівники – це особи, які за основним місцем роботи у закладах вищої освіти провадять навчальну, методичну, наукову (науково-технічну, мистецьку) та організаційну діяльність. У статті 58 наголос зроблено на обов'язку науково-педагогічних працівників дотримуватися в освітньому процесі та науковій діяльності академічної доброчесності та забезпечувати її дотримання здобувачами вищої освіти [2].

Закон України «Про освіту» трактує академічну доброчесність як сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень [3].

Академічна доброчесність та етика взаємодії в освітньому середовищі ґрунтуються на таких правилах і нормах поведінки партнерів, колег, які сприяють розвиткові співпраці, розв'язанню поставлених проблем та ефективному здійсненню освітньої діяльності.

Дотримання академічної доброчесності науково-педагогічними працівниками у Законі трактується не тільки як посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок і т. ін., не тільки дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права; надання достовірної інформації про методики і результати досліджень, джерела використаної інформації та власну науково-педагогічну діяльність; але *також* (що дуже важливо в плані досягнення якості вищої освіти!) закон покладає на викладачів обов'язок контролювати дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти та

об'єктивно оцінювати результати навчання студентів [3].

Переконливе, пристрасне слово викладача — дієвий засіб організації навчального процесу, могутній чинник виховання і формування особистості студента як майбутнього фахівця. Поведінка викладача, його мова, вигляд — усе це взірці для студентів. Справжній викладач — це неповторна індивідуальність. Проте ця педагогічна особливість не завжди дається людині від народження, а частіше виробляється впродовж усього життя і постає результатом тривалої та наполегливої роботи та удосконалення власного досвіду.

У педагогіці вищої школи загальновизнано, що професійні вимоги до педагога повинні складатися з трьох основних комплексів: загальногромадянські риси; професійно-педагогічні здібності та науково-педагогічні якості; спеціальні знання, уміння і навички з предмета (спеціальності).

Цікаво, що студенти, визначаючи риси ідеального викладача, на перше місце поставили морально-етичні якості (ввічливість, тактовність і доброзичливість, пунктуальність, організованість і відповідальність, володіння почуттям гумору (задзначили 53...65 % опитаних), потім професійно-педагогічні здібності (вміння порозумітися зі студентами задля співробітництва (53 %) та науково-педагогічні якості (оригінальність, креативність, талановитість, мотиваційність, оптимістичність (41 %), і вже наостанок виокремили спеціальні знання, уміння і навички з предмета, зокрема, володіння сучасними методами і педагогічною технікою (29...35 %).

Опитування магістрантів ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» проводилось упродовж 2018–2021 н. рр. під час викладання дисципліни «Педагогіка вищої школи». Проблема дотримання викладачами норм академічної доброчесності не порушувалася студентами через малорозповсюдженість цього поняття в українських освітніх реаліях сьогодення.

Взагалі, академічна доброчесність повинна ґрунтуватися на засадах етичних норм, правил ділових взаємин в освітньому середовищі, на знаннях і уміннях, які пов'язані з обміном інформацією з використанням способів і засобів взаємовпливу та взаєморозуміння. У цьому контексті вагомого значення набуває моральний аспект взаємодії викладача та студента. Академічна доброчесність та етика взаємодії в освітньому середовищі ґрунтуються на таких правилах і нормах поведінки партнерів, колег, які сприяють розвиткові співпраці, розв'язанню поставлених проблем та ефективному здійсненню освітньої діяльності.

Надати допомогу студентам у формуванні академічної доброчесності можуть лише викладачі, які самі керуються її принципами у своїй діяльності. Завдання викладача — повідомити студентів про основні види порушень академічної доброчесності (плагіат; фальсифікація, фабрикація даних, що особливо поширено під час написання курсових і дипломних робіт; списування; неоголошена допомога; шахраювання), попередити студентів, що за порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до академічної відповідальності, яка визначається спеціальними законами та/або внутрішніми положеннями закладу освіти (що мають бути затверджені основним колегіальним органом управління закладу освіти та погоджені з відповідними органами самоврядування здобувачів освіти в частині їх відповідальності – ст. 42 Закону України «Про освіту») [3].

Виховання академічної доброчесності – одне із завдань закладів вищої освіти, тому відрахування здобувача з вишу слід розглядати як виключну норму, що застосовується у випадку систематичних грубих порушень і лише після того, як не дали ефекту інші способи впливу.

Слід розрізняти порушення здобувачів освіти від порушень науково-педагогічних і наукових співробітників. Некоректно накладати на студентів стягнення за академічний плагіат до того, як вони

пройдуть навчання правил академічної етики і, зокрема, використання джерел. Таке навчання бажано планувати у першому семестрі у вигляді курсів академічного письма, окремих модулів інших дисциплін або поза навчальним планом. Зокрема, тема «Академічна доброчесність» вже стала складовою дисциплін «Педагогіка вищої школи» та «Основи науково-педагогічної діяльності» для магістрантів ПДАБА.

Кодекс академічної доброчесності ПДАБА встановлює загальні моральні принципи та правила етичної поведінки осіб, які працюють і навчаються в академії та якими вони мають керуватися у своїй діяльності. Серед найважливіших принципів і норм професійної етики та академічної доброчесності, обов'язкових для всіх членів академічної громади, слід назвати: по-перше, принцип законності та верховенства права; по-друге, принцип чесності та порядності; по-третє, принцип компетентності та професіоналізму; по-четверте, принцип персональної відповідальності.

Щодо принципів поваги та взаємної довіри, партнерства і взаємодопомоги, практика показує, що, попри декларацію особистісно-орієнтованої парадигми навчання, багатьом викладачам фахових дисциплін непедагогічних закладів вищої освіти, які не мають базової педагогічної освіти, все ще притаманний авторитарний стиль викладання.

Щодо принципу компетентності й професіоналізму, варто пригадати, що професійна компетентність викладача складається з таких обов'язкових компонентів: мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, ціннісно-рефлексивний та емоційно-вольовий, які дозволяють викладачу впевнено реалізовувати посадові функції адекватно педагогічній ситуації.

Відповідно, кожен викладач мусить постійно аналізувати свій педагогічний досвід з метою удосконалення власної професійної діяльності. У цьому процесі слушним помічником виступає педагогічна рефлексія як звернення свідомості педагога на самого себе, врахування уявлень

студентів про діяльність педагога і уявленнь самого педагога про діяльність студента.

Аналіз підготовки вітчизняних фахівців інженерних спеціальностей свідчить, що вони впродовж свого навчання не вивчали предметів, які розвивають комунікативні навички, вчать взаємоповаги, творчої співпраці у колективі. Комунікабельність, уміння висловити власну думку, гуманістичний підхід взагалі не вважалися складовою професійної компетентності інженера, хоча реалії життя та трудові будні ставили запит на розвиток саме цих особистісних якостей.

Стандартом вітчизняної традиції підготовки науково-педагогічних кадрів вищої технічної школи було твердження, що викладачем вищого навчального закладу може бути будь-який аспірант, тобто людина, що займається наукою професійно. Але професійні наукові здібності не завжди поєднані з професійними педагогічними, і успішна наукова діяльність не завжди стає запорукою успішної викладацької кар'єри. Науково-педагогічна діяльність викладача – це принципово відмінна філософія професійної життєдіяльності. «Вища наукова школа, чи університет, є ... неподільна єдність викладання і дослідження. Це є викладання через дослідження, яке здійснюється на очах тих, хто навчається» [5, с. 68].

Дослідники стверджують, що випускникам технічних вищих шкіл важко здійснювати педагогічну діяльність, оскільки педагогічна професія належить до сфери професій «людина – людина», що вимагає ґрунтовного опанування дисциплін психолого-педагогічного циклу. В умовах відсутності належної підготовки до педагогічної діяльності викладачі технічних закладів вищої освіти повинні стати на шлях самостійного підвищення педагогічної складової своєї професійної компетентності.

Надзвичайно важливою у вирішенні вищезазначеної проблеми видається концепція формування національної гуманітарно-технічної еліти, розроблена у Харківському політехнічному інституті. На переконання розробників концепції, саме висока професійна компетентність фахівців у гармонійному поєднанні з їх належною світоглядною і соціально-гуманітарною, насамперед психолого-педагогічною та управлінською підготовкою, з прищепленням їм високої духовності та морально-етичних переконань здатні забезпечити відповідність сучасним суспільним вимогам до якості інженерних кадрів [6].

Педагогічний професіоналізм викладача закладу вищої технічної освіти виявляється не тільки у високих показниках його науково-дослідницької діяльності у сфері технічних інтересів, а також у гуманістичній орієнтації його педагогічної діяльності на розвиток особистості студента, розуміння його фахово-ціннісних орієнтацій, на підготовку молодого фахівця до неперервного професійного саморозвитку, звичайно, з дотриманням норм академічної та наукової доброчесності.

Висновок. Принципи академічної доброчесності мають стати повсякденною нормою корпоративної культури сучасної академічної спільноти. Незважаючи на те, що вища освіта України має численні проблеми із дотриманням доброчесності, оскільки тільки нещодавно стала на шлях побудови доброчесного освітнього середовища, саме принципова позиція професорсько-викладацького складу може допомогти успішно запровадити норми академічної і наукової доброчесності в повсякденну практику педагогічного процесу, в тому числі у Придніпровській державній академії будівництва та архітектури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гнатів Р. М. Проблеми академічної доброчесності в сучасній технічній освіті. *Академічна доброчесність : виклики сучасності* : збірник наукових есе учасників дистанційного етапу наукового стажування для освітян (Республіка Польща, Варшава, 11.05–19.06.2020). Польсько-українська фундація «Інститут Міжнародної Академічної та Наукової Співпраці», Духовна Академія Університету Кардинала Стефана Вишинського, Фундація ADD. Варшава, 2020. 92 с.

2. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-18. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення : 01.06.2021).
3. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення : 01.06.2021).
4. Слободянюк О. М. Роль науково-педагогічного колективу у формуванні культури академічної доброчесності студентів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2018. № 6. С. 134–139.
5. Рябова З. В., Драч І. І., Приходькіна Н. О. та ін. Теоретичні та методичні засади управління підготовкою фахівців з педагогіки вищої школи на основі компетентнісного підходу в межах європейської кредитно-трансферної системи організації навчального процесу : монографія. Київ : ТОВ «Альфа-Реклама», 2014. 338 с.
6. Товажнянський Л. Л., Романовський О. Г., Пономарьов О. С. Формування і реалізація концепції підготовки національної гуманітарно-технічної еліти в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут». Харків : НТУ «ХПІ», 2002. 160 с.
7. Ярошенко Т. Академічна нечесність та політична культура : порівняльний досвід (Україна — США). Київ : РІА Янко; 2005. 304 с.

REFERENCES

1. Hnativ R.M. *Problemy akademichnoi dobrochesnosti v suchasniy tekhnichnii osviti* [Problems of academic integrity in modern technical education]. *Akademichna dobrochesnist: vyklyky suchasnosti : zbirnyk naukovykh ese uchasykiv dystantsiinoho etapu naukovoho stazhuvannia dlia osvityan* [Academic Integrity: Challenges of the Present : Collection of Scientific Essays for Participants in the Distance Stage of Scientific Internships for Educators]. Respublika Polshcha, Varshava, 11.05–19.06.2020. Polsko-ukrainska fundatsiia “Instytut Mizhnarodnoi Akademichnoi ta Naukovoї Spivpratsi”, Dukhovna Akademiia Universytetu Kardynala Stefana Vyshynskoho, Fundatsiia ADD. Varshava, 2020, 92 p. (in Ukrainian).
2. *Pro vyshchu osvitu : Zakon Ukrainy vid 01.07.2014 r. № 1556-18* [On higher education: Law of Ukraine of 01.07.2014 no. 1556-18]. URL : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (date of access : 01.06.2021). (in Ukrainian).
3. *Pro osvitu : Zakon Ukrainy vid 05.09.2017 r. № 2145-VIII* [On education : Law of Ukraine of 05.09.2017 no. 2145-VIII]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (date of access : 01.06.2021). (in Ukrainian).
4. Slobodianiuk O.M. *Rol nauково-pedahohichnoho kolektyvu u formuvanni kultury akademichnoi dobrochesnosti studentiv* [The role of the scientific and pedagogical team in the formation of a culture of academic integrity of students]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu* [Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute]. 2018, no. 6, pp. 134–139. (in Ukrainian).
5. Riabova Z.V., Drach I.I. and Prykhodkina N.O. and oth. *Teoretychni ta metodychni zasady upravlinnia pidhotovkoiu fakhivtsiv z pedahohiky vyshchoi shkoly na osnovi kompetentnisnoho pidkhodu v mezhakh yevropeiskoi kredytno-transfornoї systemy orhanizatsii navchalnoho protsesu : monohrafiia* [Theoretical and methodical bases of management of preparation of experts in pedagogics of higher school on the basis of the competence approach within the limits of the European credit-transfer system of the organization of educational process : monograph]. Kyiv : TOV “Alfa-Reklama”, 2014, 338 p. (in Ukrainian).
6. Tovazhnianskyi L.L., Romanovskyi O.H. and Ponomarov O.S. *Formuvannia i realizatsiia kontseptsii pidhotovky natsionalnoi humanitarno-tekhnichnoi elity v Natsionalnomu tekhnichnomu universyteti “Kharkivskiy politekhnichnyi instytut”* [Formation and implementation of the concept training of the national humanitarian and technical elite at the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"]. Kharkiv : NTU “KhPI” Publ., 2002, 160 p. (in Ukrainian).
7. Yaroshenko T. *Akademichna nechesnist ta politychna kultura : porivnialnyi dosvid (Ukraina – SshA)* [Academic dishonesty and political culture : comparative experience (Ukraine – USA)]. Kyiv : RIA Yanko Publ., 2005, 304 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції : 07.06.2021.

Відповідальність за достовірність інформації, що міститься в друкованих матеріалах,
несуть автори.

Редколегія не завжди поділяє авторську точку зору.

Комп'ютерну верстку виконано в редакційно-видавничому відділі ПДАБА.

Адреса редакції:

✉ вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Україна, м. Дніпро
кімната 501 (відповідальний секретар)

☎ +38(050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Підписано до друку 05.07.2021 р. Формат 60×84 1/8.

Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 8,50. Умовн. фарб.-відб. арк. 8,50.

Обл.-видавн. арк. 17,00. Наклад 50 прим. Зам. 167

Authors are responsible for the accuracy of the information
contained in the printed materials.

Editors do not always agree with the author's point of view.

Desktop publishing is performed in the Editorial Department of PSACEA.

Editorial address:

✉ room 501 (Executive Secretary)

24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine

☎ +38 (050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Sent to press on 05 July 2021. Format 60×84 1/8.

Digital printing. Conventional quire 8,50. Conventional colour imprints 8,50.

Publisher's signatures 17,00. Number of copies 50. Order 167