

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

**УКРАЇНСЬКИЙ
ЖУРНАЛ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (019)
січень – лютий 2024

Дніпро 2024

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор Микола САВИЦЬКИЙ, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро
Заступник головного редактора Владислав ДАНИШЕВСЬКИЙ, 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, Український державний університет науки і технологій, Дніпро. В. І. Большаков, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. Є. Волкова, д-р техн. наук, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро. В. М. Волчук, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. С. І. Губенко, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. М. Дерев'яно, 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 міського господарства ім. О. М. Бекетова, 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 друкованого засобу масової інформації – серія КВ № 24586-14526 ПР – видане Державною реєстрацією 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 № 8 від 27.02.2024 р.

Сайт видання <http://uajcea.pgasa.dp.ua>

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), OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського.

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

Художній і технічний редактор Сергій МОЇСЕСНКО
Перекладач Світлана ЦИГАНКОВА
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

№ 1 (019)

January – February 2024

Dnipro 2024

EDITORIAL STAFF :

<i>Chief Editor</i>	Mykola SAVYTSKYI, Doctor of Engineering Science, <i>PSACEA, Dnipro</i>
<i>Deputy Chief Editor</i>	Vladyslav DANISHEVSKYI, 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, *Prydniprovaska State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA), Dnipro*. M. M. Biliaiev, Doctor of Engineering Science, *Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro*. V. I. Bolshakov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. Yev. Volkova, Doctor of Engineering Science, *Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro*. V. M. Volchuk, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. S. I. Gubenko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. M. Derevianko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. Yu. O. Kirichuk, 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, *Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih*. V. P. Myronenko, Doctor of Architecture, *O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 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 ИП – issued by the Ministry of Justice of Ukraine dated October 09, 2020.
Founder & Publisher	State Higher Education Institution "Prydniprovaska State Academy of Civil Engineering and Architecture". Issued 6 times a year.
Recommended for publication by	Academic Board of the Academy, no. 8 from 27.02.2024
Journal website	http://uaicea.pgasa.dp.ua
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), OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Vernadsky National Library of Ukraine.
ISSN	2710-0367 (Print) 2710-0375 (Online)

Art & Technical Editor Serhii MOISEIENKO
Translator Svitlana TSYHANKOVA
Editor & Proofreader Valentyna MALOVYK

У ЦЬОМУ НОМЕРІ

Беліков А. С., Мацук З. М., Крекнін К. А., Харченко В. В. БЕЗПЕКА ТА ІННОВАЦІЇ. ПРОТИРІЧЧЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗРОЗБІРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ	7
Беліков А. С., Мацук З. М., Тодоров О. П., Харченко В. В. РИЗИКОЛОГІЯ БЕЗПЕКИ	17
Беліков А. С., Стрежекуров Ю. Е., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю. ДО ПИТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ З УРАХУВАННЯМ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА	26
Беліков А. С., Третьяков О. В., Григор'єва Є. С., Гармаш Б. К., Рагімов С. Ю. РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ УМОВ ПРАЦІ РОБІТНИКІВ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ТЕПЛОВИМ НАПРУЖЕННЯМ	33
Білоконь А. І., Кислиця Л. В. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЄКТІВ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НЕРУХОМОСТІ	45
Біляєв М. М., Калашніков І. В., Берлов О. В., Козачина В. А., Тимошенко О. А. ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ УРАЖЕННЯ У ВИПАДКУ МЕТАЛЬНОЇ ДІЇ УЛАМКІВ	56
Біляєв М. М., Коваленко А. С., Победьонний Р. П., Чирва М. В. МОДЕЛЮВАННЯ МАСОПЕРЕНОСУ У СПОРУДАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ	62
Єгоров Є. А., Радкевіч А. В., Ковтун К. А. ПРОБЛЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ МОЖЛИВОСТІ ЛОКАЛЬНИХ РУЙНУВАНЬ ЇХ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЙ	69
Калда Г. С., Шевеля В. В., Рибалка К. А., Стренк М. ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ СТУДЕНТАМ ДИСЦИПЛІНИ ІЗ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ	75
Колохов В. В., Білик В. В., Ткач Т. В. ПЕРІОДИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ В СИСТЕМІ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ	82
Лисенко Г. І., Мосьпан А. В. УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕДАГОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИКЛАДАЧІВ НІМЕЧЧИНИ (НА ПРИКЛАДІ ФРАЙБЕРЗЬКОЇ ГІРНИЧОЇ АКАДЕМІЇ)	89
Маковецький Б. І., Дьяченко О. С., Трошин М. Ю. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОБСТЕЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДАХІВ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ДЛЯ РОЗТАШУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ	99
Нестерова О. В., Нагорна О. К., Нечитайло М. П., Шарков В. В., Селенін М. А. ВИКОРИСТАННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ	108
Прокоф'єва К. А., Решетілова О. М. ДОКУМЕНТУВАННЯ РУХУ ПЕРСОНАЛУ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЯК СКЛАДОВА СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ	115
Радкевіч А. В., Давидов І. І., Чабан В. П., Ковтун К. А. АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ НА ПРОГРЕСУЮЧЕ ОБВАЛЕННЯ ОДНОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНИХ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПОШУК МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ	122
Савицький О. М., Спиридоненков В. А., Циганкова С. Г. ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЖК «ПАНОРАМА» У м. ДНІПРО	130
Соколан Ю. С., Багрій О. В. ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ СТАНУ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ	142
Шатов С. В., Богаченко С. В. РОЗРОБКА КОНЦЕПТУ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД	150

CONTENT

Belikov A.S., Matsuk Z.M., Kreknin K.A., Harchenko V.V. SAFETY AND INNOVATION. CONTRADICTIONS IN THE IMPLEMENTATION OF INNOVATIONS	7
Belikov A.S., Matsuk Z.M., Todorov O.P., Harchenko V.V. SAFETY RISKOLGY	17
Belikov A.S., Strezhekurov Yu.E., Shalomov V.A., Ragimov S.Yu. ON THE ISSUE OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THERMAL RADIATION AT WORKPLACES, TAKING INTO ACCOUNT AIR POLLUTION	26
Belikov A., Tretyakov O.V., Hryhorieva Y.S., Harmash B.K., Rahimov S.Yu. RISK-ORIENTED APPROACH TO THE ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS OF WORKERS WITH INCREASED THERMAL EXPOSURE	33
Bilokon A.I., Kyslytsia L.V. ORGANIZATION OF REAL ESTATE DEVELOPMENT PROJECTS	45
Biliaiev M.M., Kalashnikov I.V., Berlov O.V., Kozachyna V.A., Tymoshenko O.A. REDUCTION OF THE RISK OF DAMAGE AT PROJECTILE DEBRIS PROJECTILE EFFECT	56
Biliaiev M.M., Kovalenko A.S., Pobiedonnyi R.P., Chyrva M.V. MODELLING OF MASS TRANSFER IN WASTEWATER FACILITIES	62
Ehorov Yev.A., Radkevich A.V., Kovtun K.A. ISSUES OF DESIGNING INDUSTRIAL BUILDINGS CONSIDERING THE RISK OF LOCAL DESTRUCTION OF THEIR BEARING STRUCTURES	69
Kalda G.S., Shevelya V.V., Rybalka K.A., Stręk M. TO THE EXPEDIENCY OF STUDENTS' TRAINING IN ELECTROMAGNETIC POLLUTION PROTECTION	75
Kolokhov V.V., Bylik V.V., Tkach T.V. PERIODIC CONTROL OF CONCRETE PROPERTIES IN THE SYSTEM OF TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT FOR HIGH-STORY BUILDING	82
Lysenko G., Mospan A. DEVELOPING THE PEDAGOGICAL COMPETENCE OF GERMAN TEACHERS (EXPERIENCE OF TU BERGAKADEMIE FREIBERG)	89
Makovetskyi B.I., Diachenko O.S., Troshyn M.Yu. EVELOPMENT OF THE METHODS FOR SURVEYING THE TECHNICAL CONDITION OF THE RESIDENTIAL BUILDINGS' ROOFS FOR THE PLACEMENT OF ELECTRIC SOLAR BATTERIES	99
Nesterova O.V., Nahorna O.K., Nechytailo N.P., Sharkov V.V., Selenin M.A. UTILIZATION OF BIM TECHNOLOGIES FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF WATER SUPPLY AND WASTEWATER SYSTEMS DESIGN	108
Prokofieva K.A., Reshetilova O.M. DOCUMENTATION OF PERSONNEL MOVEMENT AT THE ENTERPRISE AS A COMPONENT OF THE MODERN MANAGEMENT SYSTEM	115
Radkevich A.V., Davidov I.I., Chaban V.P., Kovtun K.A. ANALYSIS OF CALCULATION METHODS FOR PROGRESSIVE COLLAPSE OF SINGLE-STOREY FRAME INDUSTRIAL BUILDINGS AND SEARCH FOR OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE ACCURACY OF CALCULATIONS	122
Savytskyi O.M., Spirydonenkov V.A., Tsyhankova S.H. INNOVATIVE ENERGY MANAGEMENT SYSTEM OF RESIDENTIAL COMPLEX “PANORAMA” IN DNIPRO CITY	130
Sokolan Yu.S., Bahrii O.V. IMPROVING THE AUTOMATED APPROACH TO CALCULATING AND ASSESSING THE STATE OF NATURAL ILLUMINATION	142
Shatov S.V., Bogachenko S.V. DEVELOPMENT OF A DATABASE CONCEPT FOR DIGITALISING THE EXPERIENCE OF BUILDINGS AND STRUCTURES OPERATING	150

УДК 62.04:62.91:62.92:620.179:534.6:629.4.082.053

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.7.1018

БЕЗПЕКА ТА ІННОВАЦІЇ. ПРОТИРІЧЧЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗРОЗБІРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

МАЦУК З. М.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,

КРЕКНІН К. А.³, *канд. техн. наук, доц.*,

ХАРЧЕНКО В. В.⁴, *зав. відділу*

¹ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: matsuk.zachar@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

³ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: kreknin.kyrylo@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400

⁴ Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, вул. Січеславська Набережна, 17, 49000, Дніпро, Україна, e-mail: harchenko-76@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7653-3001

Анотація. *Постановка проблеми.* Інноваційний розвиток економіки по праву віднесено до найважливіших стратегічних завдань України на шляху до забезпечення національної безпеки та безпеки життєдіяльності громадян. Фактичний стан справ у питаннях упровадження інновації свідчить, що без створення в країні особливих умов для інноваційної діяльності ми ризикуємо перетворитися з індустріальної країни на сировинну та продовольчу базу для розвинутих країн світу. *Мета статті* – обґрунтування необхідності перегляду інноваційної політики держави на прикладі труднощів упровадження технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя. *Висновок.* Уперше запропоновано термінологічний апарат енергоресурсного сервісу об'єктів техносфери, вперше запропоновано концептуальні засади інвестиційно-інноваційного законодавства, розкрито суть вітчизняної інноваційної «Технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя», розкрито основні протиріччя упровадження інноваційних технологій в Україні, запропоновано шляхи до вирішення проблем впровадження інновацій на основі використання апаратного контролю працездатності машин і механізмів, актуалізації нормативної бази, оптимізації системи управління та оплати праці на підприємствах. Запропоновано рішення, корисні для зміцнення фундаменту національної, виробничої безпеки та економічної незалежності України, а також стимулювання ефективності праці в реальному секторі економіки.

Ключові слова: *інновації; протиріччя; впровадження; ремонтно-відновлювальний склад; ремонтно-відновлювальна технологія; стимулювання; сприйнятливість; зацікавленість; участь; законодавство; система*

SAFETY AND INNOVATION. CONTRADICTIONS IN THE IMPLEMENTATION OF INNOVATIONS

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

MATSUK Z.M.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

KREKNIN K.A.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

HARCHENKO V.V.⁴, *Head of the Department*

¹ Department of Occupational Safety, Civil and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Department of Occupational Safety, Civil and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: matsuk.zachar@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

³ Department of Occupational Safety, Civil and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and

Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: kreknn.kyrylo@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400;

⁴ Dnipropetrovsk Scientific Research Expert-Criminalistic Center of the MIA of Ukraine, 17, St. Sicheslavs'ka Naberejna, Dnipro, 49000, Ukraine, e-mail: harchenko-76@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7653-3001

Abstract. Problem statement. Innovative development of the economy is rightfully considered one of the most important strategic tasks for Ukraine on the path to ensuring national security and the safety of citizens' livelihoods. The current state of affairs in the implementation of innovations indicates that without creating special conditions for innovative activities in the country, we risk transforming from an industrial nation into a raw material and food base for developed countries around the world. This article explores the components of the effect achieved through the application of repair and restoration technologies, which enable the restoration of essential operational characteristics of machinery and equipment without disrupting the technological and production processes. **[The purpose of the article.** It analyzes the specific reasons behind the low receptiveness to innovations in our country, using the example of implementing such technologies. The article proposes solutions to address the challenges of innovation adoption based on the utilization of hardware control of machinery and equipment's performance, updating the regulatory framework, optimizing the management and remuneration system in enterprises. **Conclusion.** For the first time, a terminological apparatus of energy-resource service for objects of the technosphere is proposed. The conceptual principles of investment and innovation legislation are proposed for the first time. The essence of domestic innovative 'Technology of Disassembly Engineering of Friction Surfaces' is disclosed. The main contradictions in the implementation of innovative technologies in Ukraine are revealed. Ways to solve problems in the implementation of innovations based on the use of hardware control of the performance of machines and mechanisms, updating the regulatory framework, optimizing the management and payment systems for labor at enterprises are proposed. The suggested solutions can be valuable for strengthening the foundation of national industrial safety and economic independence in Ukraine, as well as for stimulating labor efficiency in the real sector of the economy.

Keywords: *innovation; contradiction; implementation; repair and restoration components; repair and restoration technology; stimulation; receptivity; interest; involvement; legislation; system*

Постановка проблеми. Чи можна вважати інноваційний розвиток економіки одним із найсуттєвіших стратегічних пріоритетів для нашої країни? Чи вже визначили ми цілі та завдання щодо підтримки інноваційної діяльності в Україні?

Законодавство України у сфері інноваційної діяльності базується на Конституції України (№ 254к/96-ВР) і складається із Господарського кодексу України (№ 436-IV) і законів України:

- «Про інноваційну діяльність» [40-IV],
- «Про інвестиційну діяльність» [1560-12],
- «Про наукову і науково-технічну діяльність» [1977-12],
- «Про наукову і науково-технічну експертизу» [51/95-ВР],
- «Про спеціальний режим інноваційної діяльності технологічних парків» [991-14],
- «Про спеціальну економічну зону «Яворів» [402-14],
- «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» [3715-17]...

та інших нормативно-правових актів, що регулюють суспільні відносини у цій сфері.

«Інноваційною діяльністю у сфері господарювання є діяльність учасників господарських відносин, що здійснюється на основі реалізації інвестицій з метою виконання довгострокових науково-технічних програм з тривалими термінами окупності витрат, і впровадження нових науково-технічних досягнень у виробництво та інші сфери суспільного життя».

Інновації є центральним елементом інноваційного процесу, фокусуючись на трансформації наукових відкриттів та технологічних розробок у нові, конкурентоздатні продукти та послуги, які потім упроваджуються на ринок.

«Відповідно до Закону України «Про інноваційну діяльність», інновації – це створені і (або) вдосконалені конкурентоспроможні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери,

забезпечують економію витрат або створюють умови для такої економії» [1].

«Відповідно до Господарського кодексу України, інноваційна діяльність здійснюється за такими напрямками:

- проведення наукових досліджень і розробок, спрямованих на створення об'єктів інтелектуальної власності, науково-технічної продукції;
- розроблення, освоєння, випуск і розповсюдження принципово нових видів техніки і технологій;
- розроблення та впровадження нових ресурсозберіжних технологій, призначених для поліпшення соціального і екологічного становища;
- технічне переозброєння, реконструкція, розширення, будівництво нових підприємств, що здійснюються вперше, як промислове освоєння виробництва нової продукції або впровадження нової технології.

Суб'єктами інноваційної діяльності можуть бути фізичні і (або) юридичні особи України, фізичні і (або) юридичні особи іноземних держав, особи без громадянства, об'єднання цих осіб, які здійснюють в Україні інноваційну діяльність і (або) залучають майнові та інтелектуальні цінності, вкладають власні чи запозичені кошти в реалізацію в Україні інноваційних проєктів.

Особливість інноваційної діяльності як однієї з різновидів підприємницької діяльності полягає в тому, що вона є діяльністю підвищеного ризику в порівнянні зі звичайним підприємництвом. Такий ризик зумовлений новизною, творчим характером науково-технічної роботи, можливістю отримання як позитивного, так і негативного результату [1].»

Чи можна стверджувати, що інновації є вирішальним елементом успішного розвитку підприємств? Сьогодні більшість наукових досліджень зосереджуються не на ціновому конкурентному середовищі, а на інноваційних процесах, спрямованих на поліпшення виробничого та економічного потенціалу підприємств [3].

Правильно те, що здійсненню інноваційної діяльності підприємств України значною мірою, повинна сприяти активна політика держави [1–5].

За минулі роки, починаючи з 90-х років минулого сторіччя, уряд України неодноразово повертався до проблеми інноваційного розвитку. Було ухвалено низку документів, покликаних стимулювати розвиток наукових досліджень і впровадження їх результатів в економіку країни.

До останніх за часом документів, прийнятих із цього приводу, можна віднести:

- «Стратегія Національної безпеки України»;
- «Стратегія економічної безпеки України»;
- «Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енерго-ефективність, конкурентоспроможність»;
- «Стратегія розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року»;
- «Концепція науково-технологічного та інноваційного розвитку України, інші програми і стратегії».

У розвиток законів, наказів Президента України, державних концепцій та урядових програм регулярно розробляються і приймаються відповідні регіональні документи, що конкретизують і розвивають положення державних починань уряду.

Всі ці документи містять цілком обґрунтовані і досить очевидні положення щодо розвитку інноваційної діяльності в нашій країні. Однак навіть поверхове ознайомлення з ними дозволяє помітити, що з документа в документ повторюються в цілому одні й ті ж рішення, рекомендації та положення, що свідчить про невирішеність до теперішнього часу основних проблем інноваційного розвитку нашої держави.

Наприклад, «Стратегія Національної безпеки України» [5] декларує, серед іншого, що одну з ключових умов безпеки країни становить її економічна безпека та впровадження заходів сталого розвитку та інтеграція національної економіки в європейський економічний простір.

Практичні ж рішення в цьому напрямку ускладненні війною і поки що недостатньо ефективні.

Мета статті – аналіз конкретних причин низької сприйнятливості до інновацій в нашій країні на прикладі впровадження технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя.

Результати досліджень. *Стан інноваційної діяльності.* Ситуація така, що протягом останніх п'ятнадцяти років кількість винахідників і раціоналізаторів в Україні неухильно скорочується, науковий потенціал нашої країни знижується. Чи можна констатувати, що на підприємствах, установах та організаціях недостатньо виконуються вимоги державних стандартів щодо проведення патентних досліджень і не досліджуються громадські та державні потреби у такій продукції? Кількість підприємств, що реалізують інноваційну продукцію, неухильно скорочується [6–10].

Темпи розвитку, структура та матеріальне забезпечення сектору розробок а також досліджень не задовольняють потреби системи забезпечення Національної безпеки й економічної незалежності України та зростаючого попиту на передові технології з боку ряду сегментів підприємницького і державного сектора економіки.

Пропоновані вітчизняним сектором досліджень розробки та окремі наукові результати, навіть світового рівня, не знаходять застосування в українській економіці через незбалансованість національної інноваційної системи, «нерациональну поведінку керівництва окремих підприємств», «недобросовісну конкуренцію», морально і концептуально застарілу нормативну базу і низьку сприйнятливості до інновацій підприємницького сектора економіки.

Чи можна стверджувати, що економічна стратегія, яка базувалася на конкурентних перевагах дешевої робочої сили та низької вартості енергетичних ресурсів, втратила свою ефективність і перешкодила Україні в розширенні економічного потенціалу та реалізації технологічних інновацій [10]? Чи

може такий сценарій спричинити значне погіршення міжнародних рейтингів країни?

Так, у звітах агентства Bloomberg (Bloomberg Innovation Index) [12] за останні 15 років наша країна жодного разу не піднімалася вище 43-ї позиції.

У всесвітньому економічному рейтингу глобальної конкурентоспроможності (The Global Competitiveness Index 2008–2022 pp.) [8] Україна поки що не піднімалась вище 57-ї позиції.

Згідно з The Global Competitiveness Index 2023, серед 132 країн світу Україна зайняла, серед інших:

- вишукування та розробки – 57-ма позиція;
- рівень патентування розробок – 29-та позиція;
- за рівнем кредитування інновацій – 125-та позиція;
- за рівнем надходження інвестицій – 107-ма позиція;
- за обсягом обороту капіталу спільних підприємств – 122-га позиція;
- за кількістю створення нових підприємств – 65-та позиція;
- за рівнем наукових публікацій – 97-ма позиція;
- за рівнем ВВП на одиницю енергоспоживання – 116-та позиція...

Порівняно високий рівень патентної діяльності, з одного боку, низька кількість наукових вишукувань (розробок) і низький рівень зростання кількості інноваційних компаній, з іншого боку, свідчать, що більша частина нових інноваційних технологій і досягнень або не реалізуються, або експортуються. Решта цифр говорять самі про себе.

Підсумком такого «інноваційного» шляху розвитку став стійкий крен української економіки в бік низькотехнологічних, не наукомістких, енергетично витратних, екологічно шкідливих і морально застарілих виробництв, з поступовим перетворенням України на сировинну та продовольчу базу для розвинутих країн світу.

«Сьогодні у світовій економіці суперництво і співробітництво, конкуренція і кооперація вже не взаємовиключні

поняття. Виробництво долає національні кордони держав і забезпечує їх інтеграцію до міжнародної економіки. Механізми формування вартості продукції, у зв'язку з цим, змінюються. Для того, щоб брати участь у таких процесах і отримувати вигоду, Україна повинна мати належний рівень науково-технічного та технологічного розвитку.

Ось чому вітчизняні вчені постійно намагаються сформулювати і обґрунтувати національні інноваційні пріоритети, знайти дієві механізми залучення та ефективного використання інновацій» [1].

Питання низької сприйнятливості до інновацій

Класик світової трибології, доктор технічних наук, Дмитро Миколайович Гаркунов установив, що «витрати на ремонт і технічне обслуговування машин у кілька разів перевищують їх вартість: для автомобілів – у 6 разів, для літаків – до 5 разів, для верстатів – до 8 разів, а продовження терміну служби машин і устаткування, навіть у невеликому ступені, рівноцінне введенню значної кількості нових виробничих потужностей» [12].

Залишивши осторонь проблеми розвитку сектора досліджень і розробок, які вимагають окремого масштабного аналізу, зробимо спробу розібратися з більш «приземленим» питанням низької сприйнятливості до пропонованих інновацій. Спробуємо розібратися в конкретних механізмах і протиріччях згаданої «сприйнятливості до інновацій» на прикладі вітчизняної «Технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя» та її продуктів (надалі за текстом – Технологія).

Зазначена Технологія розроблена на основі фундаментальних структурних досліджень, проведених нами під керівництвом доктора технічних наук, професора Ростислава Петровича Дідика. Під час проведення досліджень були ідентифіковані продукти розкладання мінералів, які утворюють нові поверхневі та приповерхневі структури трибореконструйованих поверхонь тертя.

Технологія змінювалась, проходила промислові випробовування протягом тривалого часу (2003–2020 рр.). Сотні випробовувань підтвердили ефективність застосування природних і синтезованих мінералів як «інструментів» Технології. Технологічні наповнювачі (далі за текстом – НТ) вкупі з технологією їх застосування дозволили продовжити ресурс гірничого, металургійного обладнання, деталей машин авто- та залізничного транспорту, машин та обладнання інших галузей промисловості. Продукти технології дозволили знизити, а іноді і виключити, значний обсяг ремонтних (регламентних) робіт, поліпшити експлуатаційні властивості виробів машинобудівних підприємств.

НТ – це мінеральна композиція, застосування якої реалізує ефект «безносності» в парах тертя працюючих машин, механізмів та їх вузлів.

Потрапляючи на поверхні тертя (контакту) працюючих механізмів, частинки НТ змінюють їх у трибологічно вигідному напрямку, створюючи нові поверхні тертя вузлів ресурсовизначальних деталей, тобто створюються деталі з новими властивостями, тобто без зупинки виробничих процесів створюються нові деталі з новими споживчими властивостями [14].

Ми довели, що саме внаслідок потрапляння НТ в зону тертя виникає і демонструється ефект відновлення основних параметрів працездатного стану промислових машин і механізмів, значно підвищується їх надійність, довговічність, як наслідок – безпека. Продукти Технології забезпечують тривалу, надійну та безпечну експлуатацію зубчастих передач, підшипників кочення і ковзання, кулачкових механізмів, напрямних, шарнірів, замків, стикувальних вузлів, опор, деталей циліндро-поршневих груп, газорозподільних механізмів, деталей паливних насосів високого тиску, поверхонь пар тертя «колесо – рейка» («вал – втулка»), інших вузлів, деталі яких відчувають взаємне переміщення (тертя) за присутності мастильних матеріалів [14].

Таким чином, ми довели, що Технологія являє собою ефективний спосіб безрозбірного відновлення параметрів працездатного стану та основних експлуатаційних характеристик машин і механізмів без зупинки технологічних і виробничих процесів [14], чим значно підвищується надійність, як наслідок – безпека виробничих та інших процесів.

Таким чином, ми першими довели, що в процесі роботи (тертя) в середовищі за присутності НТ на контактних поверхнях деталей та в їх приповерхневому шарі може формуватися і формується нова відносно тверда структура, яка має спільний кристалічний каркас із металом деталі, яка володіє унікальними протизношувальними та мастилоутримувальними властивостями і сприяє відновленню функціонального стану поверхонь вузла тертя, за рахунок ініціювання самоорганізаційних процесів у пластичній деформації [14].

До практичної значимості і підтверджених переваг Технології можна віднести [15]:

- роботи із застосуванням НТ виконуються в режимі штатної експлуатації машин, без зупинки технологічного та виробничого процесів;

- це комплексне рішення питань екології, енерго- та ресурсозбереження виробничих процесів підприємств;

- на відміну від присадок, НТ відновлюють поверхні тертя і використовуються з будь-якими оливами і мастилами, не розчиняючись у них, не змінюючи їх фізико-хімічних властивостей;

- у разі наступної заміни мастильних матеріалів в оброблених механізмах відновлення концентрації НТ не потрібне;

- застосування НТ значно дешевше і ефективніше, ніж традиційний ремонт – окупність витрат на проведення робіт становить від 2 тижнів до 6 місяців;

- припрацьовані з НТ поверхні тертя мають високу мастилоутримувальну здатність та підвищену зносостійкість, здатні витримувати ударні навантаження;

- застосування Технології (НТ) з метою сервісу (ремонт) машин значно

дешевше й ефективніше, ніж традиційні підходи...

Сукупний оціночний потенціал економії паливно-енергетичних ресурсів, ресурсів, пов'язаних із передчасним виходом з ладу машин і механізмів, та недоотриманий прибуток (унаслідок простоїв на ремонт), у масштабах країни, в грошовому еквіваленті, складає $\geq 2,5$ % ВВП України.

Приклад. На магістральному локомотиві АТ «Укрзалізниця», в ході штатної експлуатації, завдяки зниженню інтенсивності процесів зношування гребенів коліс унаслідок використання продуктів нашої Технології, ми продемонстрували технічний результат і економічний ефект, які дозволяють заощадити понад 700 тис. грн/1 локомотив, в проміжку часу між замінами бандажів коліс, це без урахування недоотриманого прибутку компанії через простої локомотива на заміну бандажів, а таких локомотивів у компанії ≥ 200 од.» [1; 15; 16].

Головне протиріччя впровадження Технології. Зниження експлуатаційних витрат під час застосування Технологій забезпечує значний економічний ефект і дозволяє підприємствам акумулювати кошти для модернізації виробництва або введення в експлуатацію нових виробничих потужностей. Це, безумовно, привертає і цікавить всі сторони інноваційного процесу.

Недостатня ж підтримка подібних інноваційних компаній і процесів з боку держави на нормативно-правовому і фінансовому рівні робить спроби самостійного впровадження ними власних вітчизняних енергоресурсозаощаджувальних технологій практично безнадійним заняттям, що негативно позначається на рівні національної безпеки й економічної незалежності України та значно гальмує розвиток нових галузей науки і техніки.

Головне протиріччя (парадокс) полягає в тому, що на 100 % вітчизняна, визнана державою, науково обґрунтована, ремонтно-відновлювальна і ресурсозберігальна інноваційна Технологія, яка здатна уже сьогодні значно знизити експлуатаційні витрати промислових підприємств і, як

наслідок, дозволити промисловості акумулювати засоби для модернізації виробництва і введення до експлуатації нових потужностей, дозволити Збройним Силам ефективніше виконувати свої завдання, не знаходить собі гідного застосування і належного місця в українській економіці.

Головні причини виникнення протиріч:

– власники бюджетотвірних промислових підприємств нібито бажають, але недостатньо зацікавлені державою в інвестуванні коштів в енергозберігальні та ресурсовизначальні інновації, а керівництво їхніх підприємств нібито зобов'язане впроваджувати інновації, проте позбавлене врегульованого механізму для їх упровадження;

– для керівників підприємств (підрозділів), котрі безпосередньо приймають рішення про впровадження продуктів Технології, особиста вигода відсутня (крім, можливо, формальної подяки за вжиття заходів з енергозбереження), а додатковий клопіт і ризик нерозподіленої відповідальності присутні.

Шляхи вирішення протиріч.

Очевидно, що без державної підтримки тут не обійтися. Політика держави з питань енергомодернізації існує і вона фундаментальна. Продовженням політики держави на шляху до енергомодернізації став Закон України «Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації» [327-VIII].

Ми бачимо, що базовий комплекс енергозберігальних (енергоефективних) заходів нашою державою вже опрацьований і, зважаючи на наявність та популярність таких заходів у сфері теплопостачання, промислового і цивільного будівництва, набув форми Закону. На жаль, цього не можна сказати відносно ресурсозберігальних (енергоефективних) «технологій подолання тертя», в розвитку яких достатньо серйозно просунувся наш

колектив.

Вірогідно, дієвим шляхом до вирішення основного протиріччя впровадження Технології й одночасно методом зі стимулювання сторін інноваційної діяльності міг би стати новий Закон України, прообразом якого може стати Закон [327-VIII].

Можливо допустити таку назву нового Закону – Закон України «Про введення нових інвестиційних можливостей, стимулювання, забезпечення прав і законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для впровадження ресурсозберігальних (енергоефективних) технологій і проведення масштабної енергомодернізації промислових підприємств реального сектора економіки» (далі за текстом – новий Закон).

Термінологія Закону могла би бути такою:

1. Енергоресурсний сервіс – це комплекс технічних, технологічних і організаційних ресурсозберігальних (енергоефективних) та інших заходів, спрямованих на скорочення замовником енергоресурсного сервісу експлуатаційних витрат під час експлуатації промислових машин, обладнання, спецтехніки, транспортних засобів, а також їх комплексів або елементів (частин), порівняно з витратами за відсутності таких заходів.

2. Об'єктами енергоресурсного сервісу є машини, обладнання, спецтехніка, транспортні засоби, їх комплекси або частини, які можуть бути в державній, комунальній або приватній власності. Рішення про закупівлю енергоресурсного сервісу для об'єктів державної власності приймається відповідним органом виконавчої влади, для комунальних об'єктів – виконавчою радою місцевої або місцевим органом виконавчої влади, для приватних об'єктів – відповідним уповноваженим керівним органом.

Новий Закон повинен буде врахувати інтереси всіх сторін інноваційного процесу, надати шляхи вирішення всіх вищенаведених і не висвітлених даною

статтею протиріч і бути в гармонії з чинним законодавством України.

Що стосується стимулювання масового впровадження інновацій, то, в умовах війни й економічно нестабільного стану, дієвим та стимулювальним кроком до впровадження інновацій для великих приватних промислових підприємств могли б стати податкові пільги щодо коштів, передбачених їх внутрішніми інвестиційними програмами на впровадження інновацій (інноваційного капіталу), з безумовною звітністю щодо реалізації таких коштів і впровадження інновацій, без можливості накопичення таких коштів і з обов'язковим оподаткуванням їх залишку за підсумками фінансового року.

Менеджменту державних підприємств новий Закон повинен надати зрозумілий механізм формування інноваційного капіталу та можливі способи його реалізації. Підзаконні акти повинні враховувати, в тому числі, і питання прямої фінансової зацікавленості працівників підприємств у питаннях пошуку і впровадження інновацій.

Разом із цим необхідно:

– вчасно переглядати існуючі та розробляти нові нормативні та керівні документи, які визначають стандарти пошуку і прийняття рішення про впровадження інновацій;

– розподіляти відповідальність між власником і працівниками під час впровадження інновацій;

– впроваджувати нові комплексні технічні засоби і технології об'єктивного контролю за станом машин (механізмів, устаткування), в тому числі оброблених НТ. Оброблене обладнання завжди виходить за рамки призначеного ресурсу, такий контроль дозволить попередити виникнення аварійних ситуацій і позбавить керівників уявних «побоювань».

Законодавча ініціатива (внесення такого законопроекту) в цьому питанні, на думку авторів статті, по праву належить Президенту України, бо від швидкості прийняття і якості виконання нового Закону вже залежить рівень національної безпеки і економічної незалежності нашої країни.

Пільгове кредитування інноваційних компаній, фінансова підтримка наукових досліджень, ініційованих такими компаніями, інші режими максимального сприяння, а також захист державою інтересів компаній-новаторів – це нагальна потреба сьогодення.

Колективи компаній-новаторів, без перебільшення, – це добровольці економічного й інтелектуального фронту, ці люди – одна з найбільших цінностей України.

Висновки

Ключові слова для впровадження будь-якої інновації – це зацікавленість і участь. Саме зацікавленість, а також участь держави, підприємців і трудових колективів промислових підприємств в інноваційних процесах гарантує успішність будь-якого впровадження.

Законодавство, методологічні та практичні основи інноваційної діяльності промислових підприємств нашої держави потребують перегляду, детального опрацювання та актуалізації.

Підприємці всіх рівнів повинні усвідомлювати, що керування інноваціями становить основу підприємницької діяльності, важливу передумову успішного ведення бізнесу. Інновації сприяють підвищенню якості та зниженню витрат на виробництво, забезпечують конкурентоздатність продукції та, в результаті, ефективну позицію підприємств та організацій на ринку товарів і послуг.

Усі технічні керівники мають бути знайомі з теоретичними засадами, методологією та практичними навичками управління інноваціями. Вони повинні розуміти принципи формування та реалізації державної інноваційної політики, особливості організації інноваційної діяльності в різних регіонах, основні напрямки удосконалення інноваційної сфери в окремих галузях економіки та вміти самостійно вирішувати інноваційні завдання від прогнозування нововведень до їх комерційної реалізації.

Звісно, «низька сприйнятливість до інновацій», в усіх випадках, є або простою незацікавленістю та некомпетентністю виконавців, або відсутністю (недосконалістю) механізмів упровадження інновацій, або прямою «недобросовісною» протидією осіб зацікавлених у зростанні вартості утримання промислових активів підприємства (галузі).

Технологія безрозбірної інженерії поверхонь тертя – це дієвий та обґрунтований засіб продовження терміну надійної та безпечної експлуатації основних видів промислових машин (механізмів, обладнання), засіб збереження працездатного стану унікальних машин та технологічних процесів, дієвий засіб зниження металоємності виробництв, додатковий спосіб оптимізації чисельності працівників, зайнятих ремонтом, спосіб підвищення рівня безпеки, продуктивності, енергоресурсоефективності та екологічності виробництв тощо.

Важливим інструментом просування інновацій такого типу може бути елементарна пропаганда досвіду успішного застосування нововведення. Ніщо так нас не переконує в можливості і доцільності використання нововведення, як звернення до досвіду колег, які вже випробували новинку у себе (власне, на цьому принципі в маркетингу працює такий метод просування продукції як «Publicity»).

Але як почати? Хто погодиться бути першим? Яке підтвердження ефекту переконає і влаштує всіх? Який нормативний механізм позбавить керівників від частини особистої відповідальності і вмотивує їх на позитивне рішення про впровадження інновацій?

На всі ці та інші питання ще належить відповісти.

Запропонований нами комплекс заходів не може претендувати на вичерпну повноту і навіть на безумовну реалізацію, але як певний орієнтир у пошуку «світла в кінці тунелю» він може бути корисний.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беліков А., Мацук З., Крекнін К. Безпечна експлуатація інноваційних технологій безрозбірної інженерії поверхонь тертя. The Aspects of Contemporary Scientific Research that Encompass Both Theoretical and Practical Components : VI international scientific and practical conference. (January 10–12, 2024, Venice, Italy, International Scientific Unity). 2024. С. 202–205.
2. Казанцева А. К., Мінделі Л. Е. Основи інноваційного менеджменту. Вид-во «Економіка», 2004.
3. Денніс Бакке. Чоловік, що вирішує. Вид-во «Манн, Іванов и Фейббер», 2017.
4. Роберт Кіган, Ліза Лейхи. Неприйняття змін. Вид-во «Манн, Іванов и Фейббер», 2017.
5. Ігор Ансофф. Стратегічний менеджмент. Київ, 1979.
6. Про стратегію Національної безпеки України. Указ Президента України від 26.05.2015 р. № 392/2020. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/3922020-35037>. (дата звернення: 04.11.2023) [назва з екрана].
7. Статистичний збірник Державної служби статистики України. Наукова та інноваційна діяльність України (дата звернення: 04.11.2023).
8. Глобальний звіт з конкурентоспроможності світового економічного форуму (The Global Competitiveness Index) 2017–2022. URL: <https://www.weforum.org/> (дата звернення: 04.11.2023) [назва з екрана].
9. Промислова власність у цифрах. Укрпатент. 2014–2022. URL: <https://ukrpatent.org/uk> (дата звернення: 04.11.2023) [назва з екрана].
10. Цілі сталого розвитку : Україна. Національна доповідь. Київ : Мін-во екон. розвитку і торгівлі України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>. (дата звернення: 04.11.2023). [назва з екрана].
11. Звіти агентства Bloomberg (Bloomberg Innovation Index) за 2009–2021 роки. URL: <https://ec.europa.eu/newsroom/rtd/items/713430/en> (дата звернення: 04.11.2023) [назва з екрана].
12. Triboengineering (wear and no-wear) : a textbook for technical colleges. 4th impression, revised and complemented. М. : МАМ, 2000. 610 р.
13. Генрі Мінцберг, Структура в кулаці. Вид-во «Манн, Іванов и Фейббер», 2004. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/Arch_reg.htm [назва з екрана].
14. Технологія безрозбірної інженерії поверхонь тертя. Модіфік Україна. URL: <https://modific-tribotech.business.site/> (дата звернення : 04.11.2023). [назва з екрана].
15. Belikov A., Kreknin K., Matsuk Z., Protsiv V. Lubricants for rail transport liquid (plastic) for friction pair «wheel–rail». *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2022. № 1. Pp. 63–68.

16. Беліков А. С., Мацук З. М., Шаломов В. А., Харченко В. В. Підвищення безпеки рухомого складу за рахунок ризик-орієнтованого підходу до керування тертям в парі тертя «колесо-рейка». *Залізничний транспорт України*. 2023. Вип. 3. С. 23–37.

REFERENCES

1. Bielikov A., Matsuk Z. and Kreknin K. *Bezpechna ekspluatatsiya innovatsiynih tehnologiy bezrozbirnoyi inzheneriyi poverhon tertya* [Safe operation of innovative technologies of seamless engineering of friction surfaces]. The Aspects of Contemporary Scientific Research that Encompass Both Theoretical and Practical Components : VI international scientific and practical conference. January 10–12, 2024, Venice, Italy, International Scientific Unity, 2024, pp. 202–205. (in Ukrainian).
2. Kazanceva A.K. and Mindeli L.E. *Osnovy innovacijnogo menedzhmentu* [Basics of Innovative Management]. Economy Publisher, 2004. (in Ukrainian).
3. Dennis Bakke. *Cholovik, shho vyrishuye* [The Decisive Man]. Mann, Ivanov and Ferber Publ., 2017. (in Ukrainian).
4. Obert Kigan and Liza Lejxy. *Nepryjnyattya zmin* [Resistance to Change]. Mann, Ivanov and Ferber Publ., 2017. (in Ukrainian).
5. Ansoff Igor. *Strategichnyj menedzhment* [Strategic Management]. Kyiv, 1979. (in Ukrainian).
6. *Pro strategiyu Nacionalnoyi bezpeky Ukrayiny* [About the National Security Strategy of Ukraine]. Dated 05/26/2015 no. 392/2020. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/3922020-35037>. (application date: 04.11.2023). [Title from the screen]. (in Ukrainian).
7. *Statystychnyj zbirnyk Derzhavnoyi sluzhby statystyky Ukrayiny, Naukova ta innovacijna diyalnist Ukrayiny* [Statistical Collection of the State Statistics Service of Ukraine, Scientific and Innovative Activity of Ukraine]. (04 November 2023). (in Ukrainian).
8. *Globalnyj zvit z konkurentospromozhnosti svitovogo ekonomichnogo forumu* [Global Competitiveness Report of the World Economic Forum]. (The Global Competitiveness Index). 2017–2022. 04 November 2023. URL: <https://www.weforum.org/>. [Title from the screen]. (in Ukrainian).
9. *Promy`slova vlasnist` u cy`frax*. *Ukrpatent* [Industrial property in numbers. Ukrpatent]. 2014–2022. 04 November 2023. URL: <https://ukrpatent.org/uk>. [Title from the screen]. (in Ukrainian).
10. *Cili stalogo rozvytku : Ukrayina. Nacionalna dopovid* [Goals of sustainable development : Ukraine. National report]. Kyiv : Faculty of Economics. development and trade of Ukraine. 04 November 2023. URL: : <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>. [Title from the screen]. (in Ukrainian).
11. *Zvity agentstva Bloomberg [Bloomberg Innovation Index]*. 2009–2021. 04 November 2023. URL: <https://ec.europa.eu/newsroom/rtd/items/713430/en>. [Title from the screen]. (in Ukrainian).
12. *Triboengeneering (wear and no-wear) : a textbook for technical colleges*. 4th impression, revised and complemented. M. : MAM, 2000, 610p. (in Ukrainian).
13. Genri Minczberg. *Struktura v kulaci* [Structure in the fist]. Mann, Ivanov and Ferber Publ., 2004. (in Ukrainian).
14. *Texnologiya bezrozbirnoyi inzheneriyi poverxon tertya* [Technology of continuous engineering of friction surfaces]. Modifik Ukraine. 04 November 2023. URL: <https://modific-tribotech.business.site/> (application date 04.11.2023). [Title from the screen]. (in Ukrainian).
15. Belikov A., Kreknin K., Matsuk Z. and Protsiv V. Lubricants for rail transport liquid(plastic) for friction pair “wheel–rail”. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2022, no. 1, pp. 63–68.
16. Byelikov A.S., Maczuk Z.M., Shalomov V.A. and Harchenko V.V. *Pidvy`shhennya bezpeky` ruxomogo skladu za raxunok ry`zy`k-oriyentovanogo pidxodu do keruvannya tertyam v pari tertya “koleso–rejka”* [Increasing the safety of rolling stock due to a risk-oriented approach to friction management in the “wheel–rail” friction pair]. *Railway transport of Ukraine*, 2023, Rel. 3, pp. 23–37. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 03.03.2024.

УДК 37.01:614.8:331.1

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.17.1019

РИЗИКОЛОГІЯ БЕЗПЕКИ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

МАЦУК З. М.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,

ТОДОРОВ О. П.³, *аспир.*,

ХАРЧЕНКО В. В.⁴

¹ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0562) 47-03-25, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (067) 731-52-26, e-mail: matsuk.zachar@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

³ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (067) 523-22-55, e-mail: 5232255@ukr.net, ORCID ID: 0009-0003-2274-0560

⁴ Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, вул. Січеславська Набережна, 17, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 225-93-89, e-mail: harchenko-76@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7653-3001

Анотація. Постановка проблеми. Стрімке розширення техносфери, неврівноважені геополітичні, екологічні та біологічні процеси сучасності вимагають від нас повного переосмислення, поглибленого розуміння і вивчення ризику в усіх без винятку сферах життєдіяльності та діяльності людини (людства). Війна, нетривіальні дії агресора вимушено повертають нас до необхідності управління ризиком за реактивним принципом, не виключаючи при цьому необхідності застосування проактивного принципу управління, що ускладнює визначення пріоритетності попереджувальних заходів на кожному з етапів діяльності суб'єктів і об'єктів ризику, вимагає поєднувати зазначені принципи і знову й знов переосмислювати ризики з метою розроблення дієвих заходів позитивно-компенсаційного впливу. Фактичний стан захищеності людини (людства) свідчить, що без створення «науки про ризики», без створення відповідної навчальної дисципліни подальше ефективне і раціональне управління ризиком уже неможливе. **Мета статті** – обґрунтування необхідності введення нової навчальної дисципліни «Ризикологія безпеки» на інженерно-технічних спеціальностях вищих навчальних закладів України. **Висновок.** Уперше «синтезовано» концептуальне поняття «ризикологія безпеки». Обґрунтовано потребу викладання у закладах вищої освіти нової навчальної дисципліни «Ризикологія безпеки». Запропоновано під час викладання зазначеної дисципліни формувати у здобувачів поглиблені компетентності з питань ідентифікації, аналізу, оцінки та компенсації (балансування) ризику з урахуванням видів та особливостей діяльності суб'єктів і об'єктів ризику. Визначено потребу усіх галузей економіки у фахівцях із сучасними знаннями ризикології безпеки. Розпочато обговорення питань розвитку самостійної науки «Ризикологія безпеки».

Ключові слова: наука; навчальна дисципліна; освіта; ризик; логос; управління

SAFETY RISKOLGY

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

MATSUK Z.M.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

TODOROV O.P.³, *Postgrad. Stud.*,

HARCHENKO V.V.⁴

¹ Department of Occupational Safety, Civil and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (0562) 47-03-25, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Department of Occupational Safety, Civil and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (067) 731-52-26, e-mail: matsuk.zachar@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

³ Department of Occupational Safety, Civil, and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (067) 523-22-55, e-mail: 5232255@ukr.net, ORCID ID: 0009-0003-2274-0560

⁴ Dnipropetrovsk Scientific Research Expert-Criminalistic Center of the MIA of Ukraine, 17, St. Sicheslavs'ka Naberejna, Dnipro, 49005, Dnipro, Ukraine, tel.: +38 (096) 225-93-89, e-mail: harchenko-76@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7653-3001

Abstract. Problem statement. The rapid expansion of the technosphere, unbalanced geopolitical, ecological, and biological processes of modern times demand a complete reassessment, a deep understanding, and the study of risk in all spheres of human life and activity. War and the non-trivial actions of aggressors force us into the necessity of reactive risk management, not excluding the need for proactive risk management. This complicates the determination of the priority of preventive measures at each stage of the activities of subjects and objects of risk, requiring the combination of these principles and the continuous reconsideration of risks to develop effective positive-compensatory measures. The actual state of human (humanity's) protection indicates that without the creation of a "science of risks", without the establishment of a corresponding academic discipline, further effective and rational risk management is no longer possible. **The purpose of the article.** Justification for the Introduction of a New Academic Discipline "Safety Riskology" in Engineering and Technical Specialties at Higher Educational Institutions in Ukraine. **Conclusions.** The conceptual notion of "safety riskology" has been "synthesized" for the first time. The need for teaching a new academic discipline, "Safety Riskology", in higher education institutions has been justified. During the instruction of this discipline, it is proposed to shape in learners advanced competencies in the identification, analysis, assessment, and compensation (balancing) of risk, considering the types and characteristics of the activities of risk subjects and objects. The demand for professionals with contemporary knowledge in safety riskology is identified across all sectors of the economy. Discussions on the initiation of the independent science of "Safety Riskology" have been initiated.

Keywords: science; academic discipline; education; risk; logos; management

Постановка проблеми. Відомо, що «вічні питання» науки, над якими вчені замислювалися в минулому, існують й досі. Питання людського буття обговорюються вже понад 3000 років. До актуальних, з числа «вічних», вчені відносять близько 25 питань, серед них – забезпечення безпеки життєдіяльності з урахуванням розвитку суспільства та ризиків виникнення небезпек.

Не викликає сумнівів і те, що ризики існують незалежно від нашого розуміння, що вони супроводжують будь-яке існування, належать до «вічних питань», а також до питань перспективної науки, яка буде вивчати ризики та їх межі – «Ризикології безпеки».

Перші наукові праці з управління ризиками були оприлюднені на початку ХХ сторіччя. У науково-публіцистичній літературі термін «ризик» вперше згадується у 1921 році у монографії Френка Гейнемана Найта «Ризик, невизначеність та прибуток» («Risk, uncertainty and profit»). Саме Френк Гейнеман Найт уперше в історії людства ввів визначення ризику як «жорсткої конструкції поєднання ймовірності та можливих наслідків впливу різних інших подій», зазвичай негативних [1].

Термін «ризикологія» відносять до теорії утворення ризику у постсучасному суспільстві. Ризикологія – це міждисциплінарний напрямок, пов'язаний з

безпекою життєдіяльності, охороною праці, цивільним захистом, соціологією, екологією, економікою, правом та іншими науками. Основний предмет вивчення ризикології – визначення ризику як аспекту невизначеності та ймовірності виникнення таких ситуацій, які не мають однозначного результату [2].

Ризикологія аналізує причини виникнення небезпек, механізми (особливості) існування і наслідки ризику. При цьому постійно аналізуються склад учасників ризику, способи контролю та управління ризиком, шляхи уникнення невизначеностей, якісні та кількісні показники ризику, негативні (у вигляді помилок та відхилень від запланованих цілей) і позитивні (у вигляді досягнення запланованих результатів) події тощо. Ризикологія надає можливість «прийняти рішення».

У ході досліджень ми встановили, що термін «ризикологія» вчені почали застосовувати лише у другій половині ХХ сторіччя та те, що наукова галузь, відома як «ризикологія» («вчення про ризики»), й досі, на жаль, не має однозначно встановленої «точки» свого формального створення як науки.

Теоретичні основи «Ризикології» формуються на основі концепцій і наукових праць видатних вчених: А. П. Слоуна (1885–

1972), Френка Г. Найта (1885–1972), Макса Юліуса Фрідріха Фасмера (1886–1962), П. Ф. Друкера (1909–2005), А. Моля (1920–1992), Т. Левітта (1920–2006), У. Бека (1944–2015), Н. Лумана (1927–1998), О. Яницького (1933–2020), Р. Касперсона (1938–2021), Е. Гідденса (1938–...), Г. Бехмана (1945–...) та багатьох інших.

Відомо, що більш звичайним є застосування понять «ризик» і «ризикологія» стосовно до фінансово-економічних питань, тому для спрямування точки зору у площину безпеки життєдіяльності (суспільства, держави, людини) ми застосували синтез понять «ризикологія» і «безпека» з утворенням одного цілого – «ризикологія безпеки».

Наука «Ризикологія безпеки» ми пропонуємо не тільки щоб довести гіпотезу, що «відносно безпечно існування будь-кого (чого) в певному проміжку часу, за певних умов, можливе», а і для створення однойменної навчальної дисципліни, з метою подальшого отримання нових і викладання існуючих знань в цій галузі.

Установлено, що «Ризикологія безпеки» як наука (навчальна дисципліна) – це перспективний спосіб забезпечення сталого зростання рівня національної безпеки нашої держави і одночасно потужний важіль впливу на існуючі і перспективні загрози з можливістю їх прогнозування шляхом моделювання та подальшої компенсації. Інноваційний розвиток економіки може бути по праву віднесено до найважливіших стратегічних завдань, що вирішуються нашою країною. Цілі і завдання з підтримки інноваційної діяльності в новітній історії України давно сформульовані.

Без сумніву, сьогодні Україна опинилася в унікальних, за своєю складністю, обставинах. З одного боку агресія російської федерації, яка назавжди наклала свій страшний відбиток на багатостраждальне тіло нашої країни, з іншого – необхідність вистояти, а значить, необхідність забезпечити стимулювання, підтримку і розвиток усіх галузей економіки, фундаментальної і прикладної науки, освіти та ринкових відносин.

Поєднання воєнної загрози і фактичного стану справ у промисловості вимагає швидкого переосмислення ризику.

Відомо, що сталий розвиток економіки неможливий без упровадження в різні галузі інноваційних технологій (технологічних процесів) з одночасною модернізацією обладнання, але сьогодні це складно, отож підприємствам доводиться використовувати існуючі, часто морально застарілі технологічні процеси і фізично застаріле виробниче обладнання. Це залишається додатковим джерелом підвищеної небезпеки і знов зумовлює необхідність переосмислення ризику.

Війна, нетривіальні дії агресора примусово повертають нас до необхідності управління ризиком за реактивним принципом, не виключаючи при цьому необхідності застосування проактивного принципу управління, що ускладнює визначення пріоритетності попереджувальних заходів на кожному з етапів діяльності суб'єктів і об'єктів ризику, вимагає поєднувати зазначені принципи і знову й знов переосмислювати ризики з метою розроблення дієвих заходів позитивно-компенсаційного впливу.

Разом із цим, якість розслідувань нещасних випадків, професійних захворювань та аварій бажає кращого, через це знижується якість аналізу їх причин і наслідків, через це заходи реагування на нещасні випадки (аварії, профзахворювання), як і раніше, спрямовуються переважно на регулювання та посилення загальних вимог без урахування факторів ризику, без розроблення (впровадження) заходів зниження його рівня.

Способи управління ризиками, спрямовані на зменшення їх значень, так і не набули широкого практичного застосування в національній безпеці, державному управлінні, на підприємствах. Якісна оцінка ризику майже не застосовується, кількісна оцінка ризику застосовується лише в окремих галузях і під час декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Державна нормативна і методологічна база

ризик не досконала і вимагає перегляду, з урахуванням світового досвіду досягнення певного рівня безпеки (балансу «вигід» і витрат) як у межах окремого об'єкта, території, так і держави в цілому, вимагає гармонізації законодавства України із законодавством розвинутих країн.

Стандарти управління ризиками вітчизняних підприємств вимагають перегляду, «людські фактори» в них не мінімізуються. Ризик-стандарти часто «поверхові», створені без урахування фактичного виробничого (управлінського) процесу підприємств (відомств), і складні для розуміння інженерно-технічного працівника. Разом із цим, прикро, але залишається констатувати, що знання про ризик безпеки життєдіяльності (виробничий ризик) не систематизовані, не об'єднані в окремій навчальній дисципліні і, відповідно, не викладаються комплексно.

Отже, зовнішній вплив та інші причини (фактори), разом із недосконалими нормативно-правовими та організаційно-технічними заходами управління ризиком на рівні держави ускладнюють наш шлях до досягнення рівня ризику (розвитку, безпеки) економічно розвинутих країн світу.

Таким чином, стан економіки, стан навколишнього середовища, неврівноважені геополітичні, екологічні та біологічні процеси сьогодення вимагають від нас переосмислення, поглибленого розуміння і вивчення ризику в усіх без винятку сферах життєдіяльності та діяльності людини (людства), а це, як відомо, неможливо без наявності фахівців із ризик-орієнтованим мисленням та відповідними компетентностями.

Мета статті – обґрунтування необхідності введення нової навчальної дисципліни «Ризикологія безпеки» на інженерно-технічних спеціальностях вищих навчальних закладів України.

Результати досліджень. Де є людина, там є ризик. Немає такої галузі економіки, де ризик відсутній. Наразі поняття «ризик» і «прийнятний рівень ризику» закріплені та/або тлумачаться і застосовуються в Законі України «Про об'єкти підвищеної

небезпеки» [2245-14], в Кодексі цивільного захисту України [5403-17], в «Угоді між Урядом України і Урядом Сполучених Штатів Америки щодо підвищення експлуатаційної безпеки, зниження ступеня ризику експлуатації та зміцнення систем регулювання цивільних атомних об'єктів в Україні» [1198-2023-р], в «Порядку управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж» [z1397-23], а також ще у понад 30 000 законів, кодексів, державних стандартів, нормативних та правових актів, розпоряджень та інших офіційних документах держави.

Одним із перших методичних документів у сфері визначення техносферного ризику стала «Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» [v0637203-02]. Ця методика, починаючи з 2002 року, залишається основою для розроблення відомчих і галузевих керівних документів із проведення аналізу ризику об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до їх специфіки.

Починаючи з 2003 року, законодавство України у сфері охорони і гігієни праці реформується для забезпечення впровадження Європейських стандартів безпеки праці. Законодавець вважає, що впровадження у національну практику ризик-орієнтованого підходу забезпечить можливість ратифікації Україною конвенцій Міжнародної організації праці, якими, на думку законодавця, передбачено більше прав і гарантій працівників, порівняно з чинним національним законодавством. Це стосується і «Конвенції про основи, що сприяють безпеці та гігієні праці» за № 187, підписаної 15 червня 2006 року.

У «Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні» [3] Кабінет Міністрів України декларує проблемні питання, які накопичувались роками через застосування морально застарілого не ризик-орієнтованого підходу до системи управління охороною і гігієною праці та пропонує шлях до їх вирішення.

У положеннях «Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» [4] Кабінет Міністрів України пропонує шляхи та способи розв'язання проблем захищеності населення і території України від надзвичайних ситуацій, зменшення ризиків виникнення та мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Існують також урядові концепції хімічної, радіаційної та інших видів безпеки.

Враховуючи викладене, можна стверджувати, що поняття «ризик» і «ризик-орієнтований підхід» цілком і повністю увійшли до системи управління нашою державою і те, що реформування системи державного управління в цьому напрямку розпочате давно і продовжується нині.

Відомо, що не все в житті можливо передбачити, але бути готовим бажано до всього. Цей підхід базується на тому, що:

а) ризик негативної події ніколи не буває нульовим, а прагнення максимально мінімізувати його за будь-яку «ціну» саме по собі може стати нераціональним ризикованим рішенням;

б) від вартості утримання активів, вартості і рівня захищеності ресурсів та інвестицій залежить собівартість продукції (здійснення послуг), а відповідно прибуток і вся решта по колу обороту коштів.

Саме так працюють сучасні ризик-орієнтовані виробничі і бізнес-процеси, різноманітні методи, методики і стандарти управління, які поступово впроваджуються у компаніях розвинутих країн світу. Підприємства і компанії нашої країни тут не становлять винятку, попри війну, вони теж крокують цим шляхом і нам, як науковцям і науково-педагогічним працівникам освіти, необхідно забезпечити потребу галузей у кваліфікованих кадрах.

Перелік вітчизняних компаній (підприємств), які впроваджують і оптимізують системи ризик-менеджменту виробничих і бізнес-процесів, досить довгий. Ось деякі з них: АТ «Укрзалізниця»; НАК «Нафтогаз України»; ДП «НАЕК «Енергоатом»; ТОВ «СКМ»; ПАТ

«АрселорМіттал Кривий Ріг»; АТ «Дніпроазот»; НЕК «Укренерго»; АТ «Українська оборонна промисловість». Зрозуміло, що цей перелік далеко не вичерпний.

Враховуючи затребуваність і новизну такого напрямку підготовки, розміри і розгалуженість великих компаній, кількість державних службовців і посадових осіб органів місцевого самоврядування, правильним буде ствердження, що попит на фахівців відповідної кваліфікації існує зараз і буде існувати в подальшому.

Повертаючись до попереднього аналізу, варто зазначити, що в умовах стійкого попиту на фахівців із поглибленими знаннями з питань керування суспільними, фінансовими і техносферними ризиками, такі пропозиції від вітчизняних вишів на ринку праці відсутні повністю. Наслідком такого стану справ стало працевлаштування на провідні посади бюджетотвірних компаній і державних органів (установ), у кращому випадку, перекваліфікованих інженерів-механіків, які «десь пройшли незрозумілі курси підвищення неіснуючої кваліфікації». Саме це часто стає першопричиною прийняття непрогнозованих та ризикованих управлінських рішень незадовільної якості з важкими суспільно-економічними наслідками.

Тому, так само, як факт відсутності статистики негативних подій в минулому не може бути гарантією того, що вони не стануться в майбутньому, так і відсутність негативних подій у теперішньому часі не може свідчити про те, що працівникам немає необхідності набувати в процесі освіти спеціальні компетентності для займання відповідних «ризик-посад».

Разом із цим, у ході досліджень ми встановили, що відповідно до вимог стандартів вищої освіти Міністерства освіти і науки України за спеціальністю 263 «Цивільна безпека», в галузі знань 26 «Цивільна безпека» [5; 6], здобувачі вищої освіти повинні протягом навчання набути, серед інших, таких компетентностей:

- здатність до оцінювання ризиків виникнення та впливу надзвичайних ситуацій на об'єктах суб'єкта господарювання та ризиків у сфері безпеки праці;

- здатність до проведення техніко-економічного аналізу, оцінювання ризиків, комплексного обґрунтування проектів, планів, рішень, їх реалізації у сфері цивільної безпеки.

Разом із цим, встановлено, що відповідно до вимог згаданих стандартів [5; 6] здобувачі вищої освіти, за підсумком підготовки, повинні, серед інших, демонструвати такі результати навчання:

- вміти обирати оптимальні заходи і засоби, спрямовані на зменшення професійного ризику, захисту населення, запобігання надзвичайним ситуаціям;

- вміти визначати та аналізувати можливі загрози виникнення надзвичайної ситуації, аварії, нещасного випадку, оцінювати їх можливі наслідки та ризики тощо.

Таким чином, можна стверджувати, що деякі компетентності володіння «ризик-орієнтованим мисленням», у разі набуття яких здобувачі освіти матимуть змогу вирішувати базові питання охорони праці (питання забезпечення належних, безпечних і здорових умов праці працівників) і цивільної безпеки, передбачені чинними стандартами освіти, а також про те, що держава, в особі Міністерства освіти і науки України, надала можливість вітчизняним вишам створювати і запроваджувати навчальні дисципліни ризикологічного спрямування в галузі знань 26 «Цивільна безпека».

Між тим, під час дослідження відкритих джерел, таких як: освітні програми, робочі програми навчальних дисциплін вишів у галузі знань 26 «Цивільна безпека», загальнодоступні елементи навчально-методичних комплексів дисциплін спеціальності 263 «Цивільна безпека», наукових статей, монографій, дисертацій тощо, ми встановили, що дисципліна, яка б усебічно і поглиблено розкривала поняття й аспекти такого явища як ризик у галузі

техносферної, виробничої, цивільної безпеки і безпеки життєдіяльності, викладала б закони (закономірності) ризику, розглядала б теоретичні (методологічні, практичні) засади управління ризиком, доводила б до студентів сучасну державну позицію щодо концепції «прийняттого ризику», пояснювала б взаємозв'язок ризикології та інших навчальних дисциплін із визначенням у студентів потрібного рівня сформованості певної сукупності умінь і навичок, у вітчизняних вишах не викладається.

Тому ми запропонували введення нової навчальної дисципліни «Ризикологія безпеки», а в майбутньому – визначення окремого наукового напрямку досліджень «Ризикологія безпеки».

На нашу думку, в майбутній навчальній дисципліні повинні тлумачитися, об'єднуватися і нерозривно пов'язуватися між собою наступні терміни і поняття: людина; реципієнт; життя; здоров'я; держава; праця; громадськість; навколишнє природне середовище; промисловість; виробництво; аварія; надзвичайна ситуація; небезпека; ризик; джерело; об'єкт ризику; суб'єкт ризику; безпека; рівень ризику; рівень (стан) безпеки; рівень небезпеки; прийнятний ризик; ступінь ризику; адаптація; збитки; економіка ризику; неприпустимий ризик; індивідуальний ризик; територіальний ризик; соціальний ризик; відсутність ризику; компенсація ризику; методи; методологія; єдність підходів; доступність для розуміння; ідентифікація ризику; аналіз ризику; оцінка ризику; аналіз небезпек; управління ризиком; передача ризику; об'єкт турботи; суб'єкт турботи; потреби; заходи; ймовірність; профілактика; запобігання; попередження; умови; подія; вплив; характер; шкода; наслідки; кількісні показники; якісні показники; моделювання; регламентація; нормування; нормативне забезпечення; формалізація; прийняття рішення; концепція; теорія; політика та інші у розумінні людства і тлумаченні (за наявності) чинного законодавства.

На підставі проведених досліджень і аналізу стану безпеки в Україні визначено мету майбутньої дисципліни «Ризикологія безпеки». Це насамперед:

- формування ризик-орієнтованого критичного аналітичного складу мислення;
- викладання теоретичних, практичних і концептуальних основ ризику;
- викладання основних засад управління ризиком;
- набуття студентами навичок раціонального вирішення складних будівельних, технічних, технологічних, логістичних, економіко-організаційних і суспільних питань, з урахуванням під час прийняття рішень результатів прогнозування їх безпеки;
- набуття студентами навичок вирішення базових і перспективних політико-економічних та економіко-управлінських питань у галузі державного (корпоративного) управління і підприємництва, на основі вивчення світового досвіду ризиків, з урахуванням результатів прогнозування безпеки рішень;
- набуття студентами навичок раціонального і безпечного використання усіх видів ресурсів підприємств (організацій, відомств, установ), набуття студентами навичок розроблення і контролю виконання заходів координації усіх видів ресурсів задля безпечного збільшення прибутку (скорочення витрат);
- набуття студентами компетентностей ризик-орієнтованого планування;
- використання отриманих знань для поглибленого вивчення ризику з метою задоволення потреби людини (людства) у безпечному існуванні, належних і безпечних умовах праці.

Досягнення мети дисципліни, з високим ступенем ймовірності, сприятиме:

- підвищенню рівня національної безпеки;
- підвищенню рівня глобальної конкурентоспроможності держави;
- позиціонуванню вишів як місць надання затребуваних освітніх послуг;
- залученню до навчального процесу «практиків» і закордонних фахівців;

– зростанню зацікавленості і кількості абітурієнтів;

- підвищенню мотивації студентів, викладачів, зміцненню контакту між ними;
- полегшенню працевлаштування та/або швидкої адаптації випускників тощо.

Завдання дисципліни «Ризикологія безпеки», серед інших, такі:

- вивчення ризику та встановлення меж його прийнятності (допустимості);
- систематизація теоретичних, практичних і концептуальних основ ризику;
- формулювання поняттєвого і термінологічного апарату дисципліни;
- формування, формулювання та викладання теоретичних і практичних основ ризику, а також його методології;
- розкриття принципів формування, наукова підтримка та сприяння формуванню і реалізації державної політики відповідного напрямку спрямування;
- розкриття сутності ризик-орієнтованого підходу до питань національної, цивільної, виробничої та економічної безпеки країни;
- розкриття (викладання) в науково-навчальному процесі базових основ ризик-орієнтованих підходів у розвинених країнах світу і напрямків їх вдосконалення;
- розкриття основного змісту, демонстрування цілей і завдань внутрішньо-організаційного забезпечення ризик-середовища працівників підприємств;
- викладання основних засад формування ризик-орієнтованої культури управління як найважливішої складової успішності будь-якої діяльності;
- викладання особливостей застосування сучасних методів ідентифікації та аналізу небезпек, оцінки ризику, оцінки ймовірності реалізації ризик-події;
- демонстрування здобувачам потужності рушійної сили застосування ризик-орієнтованого підходу під час прийняття складних управлінських рішень в питаннях забезпечення цивільної та виробничої безпеки. Розкриття економічних переваг рішень, прийнятих у такий спосіб;
- викладання основних способів (методів) вирішення технічних,

технологічних та управлінських питань, шляхом проведення попереднього ризик-прогнозування (моделювання) у часі, починаючи від етапу постановки завдання до етапу його виконання;

– розкриття сучасних правових та нормативних аспектів упровадження ризик-орієнтованого підходу в усіх галузях економіки тощо.

Дисципліна «Ризикологія безпеки» має безпосередній зв'язок з усіма галузями економіки, з усіма інженерними, а також іншими навчальними дисциплінами вишів, які входять до їх навчальних планів, а саме: «Державне управління», «Правознавство», «Психологія», «Інформатика та інформаційні технології», «Економічна теорія», «Економіка підприємств», «Інвестиції та інвестиційна діяльність», «Фінанси і кредит», «Облік і аудит», «Статистика», «Менеджмент», «Маркетинг», «Основи підприємницької діяльності» та ін.

«Ризикологія безпеки» – теорія меж прийнятності (допустимості) ризику, повинна формуватися як міждисциплінарна наука й охоплювати усі галузі знань людства, включаючи національну безпеку, виробничу безпеку, цивільну безпеку, безпеку життєдіяльності, інформаційну безпеку, охорону здоров'я, охорону праці, безпеку та гігієну праці, а також інші

аспекти життя (існування), де важливо розуміти та ефективно управляти ризиками для забезпечення безпеки і захисту людей, майна, інтересів держави.

Висновки

Уперше «синтезовано» концептуальне поняття «ризикологія безпеки». Обґрунтовано потребу викладання у закладах вищої освіти нової навчальної дисципліни «Ризикологія безпеки». Запропоновано під час викладання зазначеної дисципліни формувати у здобувачів поглиблені компетентності з питань ідентифікації, аналізу, оцінки та компенсації (балансування) ризику з урахуванням видів та особливостей діяльності суб'єктів і об'єктів ризику.

Визначено потребу усіх галузей економіки у фахівцях із сучасними знаннями ризикології безпеки. Розпочато обговорення питань розвитку самостійної науки «Ризикологія безпеки».

Запропоновано винести обговорення цих питань на засідання Міжнародної науково-технічної конференції «Безпека праці в ХХІ столітті», яка відбудеться в Українському державному університеті науки і технологій ННІ «Придніпровська будівельна академія України» у листопаді 2024 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Френк Г. Найт Ризик, невизначеність та прибуток. Кембридж : The riverside press Cambridge, 1921. 388 с.
2. Вікіпедія. Ризикологія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%> (дата звернення: 01.02.2024).
3. Про схвалення Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12 грудня 2018 р. № 989-р. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80> (дата звернення: 01.02.2024).
4. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80> (дата звернення: 01.02.2024).
5. Наказ Міністерства освіти і науки України від 29 жовтня 2018 р. за № 1170 «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти». URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-standartu-vishoyi-osviti-za-specialnistyu-263-civilna-bezpeka-dlya-pershogo-bakalavrskogo-rivnya-vishoyi-osviti> (дата звернення: 01.02.2024).
6. Наказ Міністерства освіти і науки України від 22 жовтня 2020 р. за № 1291 «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» для другого (магістерського) рівня вищої освіти». URL : https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishchaosvita/2022/Standarty_Vyshchovi_Osvity/Zatverdzeni_Standarty/01/31/263-Tsyvil.bezp-mah.31.01.22.pdf (дата звернення: 01.02.2024).

REFERENCES

1. Franc H. Knight. *Ryzyk, nevyznachenist' ta prybutok* [Risk, uncertainty and profit]. Cambridge : The riverside press Cambridge, USA, 1921, 388 p.
2. Vikipediya. Ryzykolohiya [Wikipedia. Riskology]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE> (Date of application: 2024, February, 01).
3. *Pro skhvalennya Kontseptsiyi reformuvannya systemy upravlinnya okhoronoyu pratsi v Ukraini ta zatverdzhennya planu zakhodiv shchodo yiyi realizatsiyi : Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 12 hrudnya 2018 № 989-r* [Approval of the Concept of reforming the occupational safety management system in Ukraine and approval of the action plan for its implementation : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 12, 2018, No. 989-r]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80> (Date of application: 2024, February, 01).
4. *Pro skhvalennya Kontseptsiyi upravlinnya ryzykamy vynykennya nadzvychaynykh sytuatsiy tekhnogenoho ta pryrodnoho kharakteru : Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 22 sichnya 2014 № 37-r* [Approval of the Concept of Risk Management for the Occurrence of Technogenic and Natural Emergencies : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated January 22, 2014, No. 37-r]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80> (Date of application: 2024, February, 01).
5. *Nakaz ministerstva osvity i nauky Ukrainy vid 29 zhovtnya 2018 za № 1170 "Pro zatverdzhennya standartu vyshchoyi osvity za spetsial'nisty 263 "Tsyvil'na bezpeka" dlya pershoho (bakalavrs'koho) rivnya vyshchoyi osvity"* [Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated October 29, 2018, No. 1170, 'On the Approval of the Higher Education Standard in the Specialty 263 'Civil Security' for the First (Bachelor's) Level of Higher Education]. URL : <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-standartu-vishoyi-osviti-za-specialnistyu-263-civilna-bezpeka-dlya-pershogo-bakalavrskogo-rivnya-vishoyi-osviti>. (Date of application: 2024, February, 01).
6. *Nakaz ministerstva osvity i nauky Ukrainy vid 22 zhovtnya 2020 za № 1291 "Pro zatverdzhennya standartu vyshchoyi osvity za spetsial'nisty 263 "Tsyvil'na bezpeka" dlya druhoho (mahisters'koho) rivnya vyshchoyi osvity"* [Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated October 22, 2020, No. 1291, 'On the Approval of the Higher Education Standard in the Specialty 263 'Civil Security' for the Second (Master's) Level of Higher Education]. URL : <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishchaosvita/2022/Standarty.Vyshchoyi.Osvity/Zatverdzeni.Standarty/01/31/263-Tsyvil.bezp-mah.31.01.22.pdf>. (Date of application: 2024, February, 01).

Надійшла до редакції: 13.03.2024.

УДК 697.1:621.178:697.34

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.26.1020

ДО ПИТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ТЕПЛОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ З УРАХУВАННЯМ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

СТРЕЖЕКУРОВ Ю. Е.^{2*}, *асп.*,

ШАЛОМОВ В. А.³, *канд. техн. наук, доц.*,

РАГІМОВ С. Ю.⁴, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: belikov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: staty.mail.ua@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-1791-395X

³ Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: shalomov.volodymyr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра організації і технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Анотація. Постановка проблеми. Дослідження доводять, що існуючі методи визначення розповсюдження інтенсивності теплового випромінювання не враховують вплив забруднення повітря, що не дозволяє в повній мірі оцінити вплив опромінювання на робочих місцях за допомогою номограм й формул, які містять значні спрощення. Це має місце через прийняття ряду спрощень стосовно численних взаємозалежних параметрів, зокрема розміри люків та температури всередині печей тощо. При цьому виникає необхідність вимірювань інтенсивності теплового опромінювання на відстанях 5–10 м та ін. **Мета статті** – запропонувати концепцію експериментальної методики оцінки інтенсивності теплового випромінювання з урахуванням забруднення повітряного середовища при дослідженні інтенсивності опромінювання працівника на робочих місцях. Водночас, для вирішення задач теплозахисту працівників потрібні фактичні дані вимірів рівнів терморадіаційного навантаження на кожному робочому місці при реальних умовах робочого простору. **Висновок.** Запропоновано новий підхід оцінки інтенсивності теплового випромінювання на робочих місцях з урахуванням забрудненості повітряного середовища. Важливою характеристикою є склад газового середовища, оскільки його домішки можуть спотворювати розподіл променевої енергії через інтерференційні та дифракційні ефекти, що необхідно враховувати для оптимізації мікроклімату. Присутність пилових часток ускладнює прямолінійний перенос тепла через розсіювання та сцинтиляцію променів, що потребує удосконалення моделей. Турбулентність, домішки та неоднорідність атмосфери є важливими факторами, які необхідно детальніше дослідити та врахувати при моделюванні процесів переносу тепла. Сцинтиляція впливає на якість передачі випромінювання, що вимагає подальшого вивчення цього явища. Локальні особливості складу атмосфери потребують розробки моделей з урахуванням цих варіацій. Отримані експериментальні дані дозволять підвищити точність моделювання та поліпшити умови праці. Для отримання достовірної інформації необхідно подальше вдосконалення методик вимірювань.

Ключові слова: *перенос теплової енергії; випромінювання; склад газів; аерозолі; турбулентність; сцинтиляція; моделювання терморадіаційного навантаження*

ON THE ISSUE OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THERMAL RADIATION AT WORKPLACES, TAKING INTO ACCOUNT AIR POLLUTION

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

STREZHEKUROV Yu.E.^{2*}, *Postgraduate Student*,

SHALOMOV V.A.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

RAGIMOV S.Yu.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (056) 756-34-73, e-mail: staty.mail.ua@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-1791-395X

³ Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov.volodymyr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Department of Organization and Technical Support Rescue Operations, National University of Civil Defence of Ukraine, 94, St. Chernyshevsky, Kharkiv, 61023, Ukraine, tel.: +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Abstract. Problem statement. The research demonstrates that existing methods for determining the distribution of thermal radiation intensity using nomograms and formulas contain significant errors. This is due to the adoption of a number of simplifications regarding numerous interdependent parameters, including the temperature inside furnaces, the size of openings and shafts, etc. As a result, there is a need for measurements of thermal radiation intensity at distances of 5–10 meters and beyond. **The purpose of the article.** The objective of the article is to propose a concept for a new experimental methodology to investigate the intensity of radiation exposure to workers at their workplaces. Simultaneously, in order to address the issues of thermal protection for workers, actual measurement data of thermal radiation levels are necessary for each workstation under real working conditions within the workspace. **Conclusion.** It is important to characterize the composition of the gas environment, as its impurities can distort the distribution of radiant energy through interference and diffraction effects, which need to be considered for microclimate optimization. The presence of dust particles complicates the straight-line heat transfer through scattering and scintillation of rays, requiring further improvement of models. Turbulence, impurities, and atmospheric heterogeneity are important factors that need to be further investigated and taken into account in heat transfer process modeling. Scintillation affects the quality of radiation transmission, necessitating further study of this phenomenon. Local atmospheric composition peculiarities require the development of models that consider these variations. The obtained experimental data will contribute to improving the accuracy of modeling and enhancing working conditions. Further refinement of measurement techniques is necessary for obtaining reliable information.

Keywords: *heat transfer; radiation; gas composition; aerosols; turbulence; scintillation; modeling of thermal and radiation load*

Постановка проблеми. Аналіз наукових досліджень суттєво підсилив необхідність обґрунтування та розроблення перспективної експериментальної системи оцінки рівнів теплового опромінення на робочих місцях. Наші дослідження доводять, що існуючі методи визначення інтенсивності теплового випромінювання не враховують вплив забруднення повітря, що не дозволяє повною мірою оцінити вплив опромінення на робочих місцях за допомогою номограм й формул, які містять значні спрощення. Це має місце через прийняття ряду спрощень стосовно численних взаємозалежних параметрів, зокрема розміри люків та температури всередині плавильних печей тощо. Водночас, для вирішення задач теплозахисту працівників потрібні фактичні дані вимірів рівнів терморадіаційного навантаження на кожному робочому місці при реальних умовах робочого простору, через те, що людина проводить значну частину свого робочого часу в закритих приміщеннях, перебуваючи під впливом

різних факторів штучного середовища. Одним із ключових з них є тепловий режим, оскільки температура безпосередньо впливає на здоров'я, працездатність та комфорт перебування працівників [1–4].

Аналіз публікацій. Важливо враховувати, що перенос тепла відбувається здебільшого через випромінювання. При цьому склад газової суміші безпосередньо навколо печей та приміщення може суттєво впливати на розподіл променевої енергії через явища інтерференції та дифракції. Основними факторами, які характеризують повітряне середовище, є: температурно-вологісний режим у приміщеннях, рівень запиленості та загазованості повітря робочої зони, розміри площі та об'єму виробничих приміщень, рівень ергономічної організації робочого місця, режим праці та відпочинку, оформлення внутрішніх поверхонь цехів [5–9].

Використання графіків, існуючих розрахункових методик для формування паспортів джерел теплового опромінення є недосконалим для практичного впровадження. Похибки результатів та зниження їх достовірності відбуваються, через те, що

значення окремих параметрів (температура всередині печі, ступінь чорності джерела випромінювання тощо) базуються на усереднених даних таблиць і не враховують специфіки кожного конкретного виробництва. Згідно проведеного аналізу, прямолінійність розповсюдження теплового випромінювання знаходиться у прямому співвідношенні щодо умов навколишнього середовища та може знижуватися через відхилення від оптимальних параметрів метеорологічних умов (до 15–20 %), інтенсивного теплового випромінювання, запиленості та інших факторів.

Тому для комплексної оцінки теплового впливу на робочих місцях пропонується новий підхід, який поєднує експериментальні та обчислювальні методи, забезпечуючи безпеку вимірювань і більшу достовірність.

Мета дослідження – запропонувати концепцію експериментальної методики з урахуванням забруднення повітряного середовища при дослідженні інтенсивності опромінення працівників на робочих місцях. Це забезпечує при вирішенні задач теплозахисту працівників виміряти фактичні дані вимірювання рівнів терморадіаційного навантаження на робочому місці при реальних умовах в робочому просторі.

Результати досліджень. За основу визначення інтенсивності теплового випромінювання прийнято вираз:

$$E_0 = L \int_{\Omega} \cos \alpha d\Omega, \quad (1)$$

де E_0 – енергетична освітленість, Вт/м²; L – яскравість випромінювання джерела, Вт/(м²•стер); α – кут під яким опромінюється об'єкт щодо нормалі, рад.; Ω – тілесний кут, під яким видно джерело випромінювання, стерadian (стер).

Отже, для оцінки теплового опромінення у робочих зонах доцільно застосувати підхід, що ґрунтується на фізичному моделюванні та теплових вимірах енергетичної інтенсивності опромінення у встановлених точках робочого простору.

Проведення вимірювань безпосередньо біля відкритого шлюзу печі термічної

обробки на відстані 1,5–2 м є очевидно ризикованим і, головне, знижує достовірність отриманих результатів внаслідок погіршення умов експерименту в екстремальних робочих ситуаціях. На рисунку 1 зображено як визначаються прямі вимірювання енергії, утворюючи матрицю інтенсивності, яка призводить до профілю розподілу та поширення.

Отже, для повноцінного опису фізичних процесів необхідно враховувати особливості поширення теплової енергії в реальних умовах.

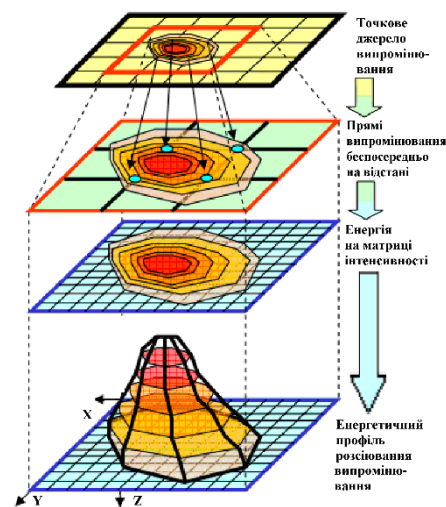


Рис. 1. Визначення вимірювання прямих розподілу та поширення енергії

Практична реалізація теплопереносу при комплексній взаємодії чинників в системі «джерело випромінювання – атмосфера – об'єкт опромінення» істотно відрізняється від ідеалізованої моделі. Зокрема, на характер поширення теплових потоків впливають:

- турбулентність газового середовища, що призводить до нестационарності його оптичних характеристик;

- неоднорідність властивостей атмосфери в залежності від присутніх домішок, які варіюють у залежності від умов виробництва конкретного приміщення.

Інфрачервоне випромінювання, яке стикається із пиловими часточками у повітрі приміщення виробництва вздовж оптичної траєкторії, змінює прямолінійність поширення через три явища: розсіювання променя, сцинтиляцію та мінливість інфрачервоного (ІЧ) – випромінювання.

Сцинтиляцію та розсіювання можна наочно пояснити як короткочасний імпульс та тривалий час експозиції відповідно.

Розсіювання є наслідком дифракції, тоді як сцинтиляція потребує подальшого дослідження, оскільки пов'язана з коливаннями показника заломлення внаслідок теплових ефектів.

При сцинтиляції на довгих траєкторіях окремі ділянки діють наче слабкі лінзи, відхиляючи промінь протягом певного періоду через інтенсивні переміщення повітря. Це необхідно враховувати при моделюванні.

Проаналізувавши характеристики турбулентності атмосферних аерозолів, виявлено можливості поширення інфрачервоного променя випромінювання. Як показано на рисунку 2, істотними параметрами ІЧ-випромінювання є робоча довжина хвилі λ , фокусна відстань оптичної системи f що враховує застосування розширювача променя, та діаметр пучка променів, які передаються d . Турбулентні характеристики, описані вище, включають: структурний коефіцієнт зміни показника заломлення C_n^2 , внутрішній l_0 та зовнішній L_0 масштаби турбулентних вихорів [4].

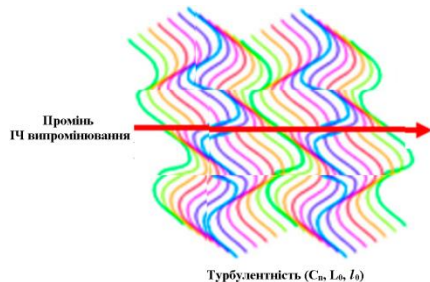


Рис. 2. Характеристика променя ІЧ випромінювання крізь повітряну турбулентність

Для ІЧ променів, які пропускаються крізь великомасштабні турбулентні утворення з пиловими часточками уздовж оптичної траєкторії, де масштаб перевищує довжину хвилі, призводить до їх мінливості. Таке відбувається, коли турбулентні неоднорідності спричиняють слабкий лінзовий ефект, спотворюючи через це траєкторію променя випадковим чином, проте довжина хвилі залишається сталою, як показано на рисунку 3.

Робота В. Колобродова [10] становить основу для опису мінливості пучка шляхом розгляду колімованого променя. Ці дослідження числовими методами довели, що найбільший вплив на

мінливість променя роблять коливання показника заломлення. Це також призводить до інтерференції та створює у просторі розповсюдження мінливі максимуми й мінімуми інтенсивності.

Радіальна дисперсія від цілі виражається як :

$$\sigma_r^2 = 1,90 \times C_n^2 \frac{L^3}{2\omega_0}, \quad (2)$$

де L – відстань до об'єкта опромінення, C_n^2 – структурний коефіцієнт показника заломлення, ω_0 – розмір довжини хвилі променя у точці передачі.

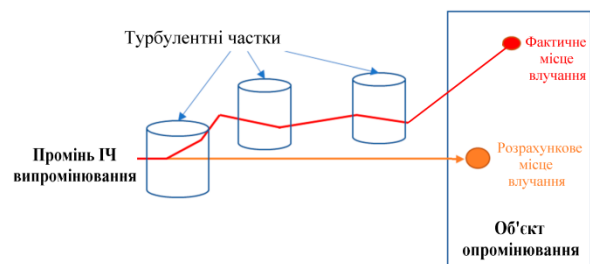


Рис. 3. Блукання ІЧ променя в результаті відхилення турбулентними осередками, більшими за діаметр променя

Як альтернативу виразимо блукання променя як функцію довжини хвилі, λ . Це демонструє незалежний зв'язок із довжиною хвилі:

$$\sigma_r^2 = 1,83 \times C_n^2 \sqrt[6]{\frac{L^{17}}{\lambda}}. \quad (3)$$

З іншого боку, коли ІЧ промінь стикається з турбулентними утвореннями, меншими за його діаметр, спостерігається явище сцинтиляції. При цьому інтенсивність випромінювання деформується, як показано на рисунку 4.

Сцинтиляція відбувається за рахунок того, що дрібні турбулентні неоднорідності виступають наче локальні лінзи, які спотворюють промінь і викликають короточасні коливання його інтенсивності. Це явище є предметом подальшого дослідження, оскільки впливає на якість передачі випромінювання на відстані.

Внаслідок явища сцинтиляції виникає дифракція, яка спричиняє відхилення інтенсивності інфрачервоного променя та утворення у просторі максимумів та мінімумів

щільності ІЧ променів. Це можна математично описати за допомогою:

- логарифмічно-нормального розподілу для незначних флуктуацій;
- гама-гама моделі для середньої та сильної турбулентності.

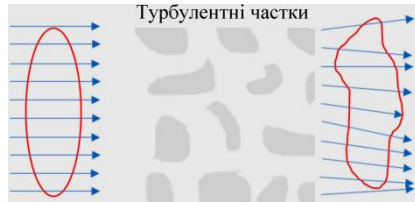


Рис. 4. Профіль інтенсивності променя створюється турбулентними осередками, меншими за діаметр променя

При цьому відхилення від прямолінійного розповсюдження ІЧ-випромінювання багатоспектрального джерела призведе до розподілу окремих хвиль різної довжини на різні кути відхилення.

Турбулентність атмосфери також спричиняє розповсюдження інфрачервоного променя, що перевищує розрахункове на підставі виключно дифракції. Дифракційне розповсюдження променя для круглої апертури з діаметром d визначається функцією фокусної відстані f та довжини хвилі λ випромінювання [9].

$$d_0 = \frac{f\lambda}{d}. \quad (4)$$

На практиці під час експериментів спостерігають турбулентні утворення, що спричиняють посилене та розповсюдження інфрачервоного променя більшої площі. Існують різні математичні моделі, розроблені для прогнозування розсіювання пучка внаслідок розповсюдження, викликаного турбулентністю. Проте, дані моделі ґрунтуються на припущеннях однорідності турбулентності та масштабу її утворень. На практиці ж, у різних точках виробничого приміщення, склад атмосфери може суттєво відрізнятися. Саме тому для адекватного опису процесів необхідно розробляти моделі з урахуванням локальних особливостей турбулентності в різних зонах.

Нами було проведено значну кількість проміжних обчислень для визначення інтенсивності теплового опромінення, а також використання декількох діаграм та номограм. Це ускладнило процес моделювання та

обмежило можливості практичного застосування отриманих результатів.

Тому виникла потреба розробки єдиного комп'ютерного інструментарію, що дозволить в одному алгоритмі стисло формалізувати усі етапи обчислень на основі вхідних параметрів та одержувати результати в зручному для аналізу вигляді. Це спростить практичне застосування математичних моделей теплового випромінювання та дозволить ефективніше розв'язувати актуальні інженерні завдання.

У цій статті ми намагалися узагальнити результати попередніх досліджень з цієї проблематики, поліпшивши модель опромінення шляхом спрощення її параметрів. Метою було зменшити кількість змінних параметрів у моделі для спрощення її параметризації та прогнозувань. Також ми оптимізували протокол вимірів шляхом ефективнішого використання наявного в лабораторії обладнання. Це дозволило суттєво поліпшити умови експериментальної перевірки розробленої моделі опромінення.

Проведені нами експериментальні дослідження інтенсивності теплового випромінювання на робочих місцях показали, що з високою точністю можливо визначити відстань до джерела теплового опромінення та кут його розташування від точки спостереження за умови забезпечення належних вимог безпеки.

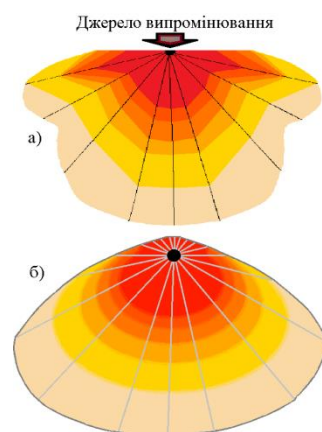


Рис. 5. Діаграми енергетичного профілю розсіювання теплового випромінювання на робочих місцях з виробництва феросплавів: а – розрахункові – модульовані; б – фактичні вимірювання

На рисунку 5 наведено діаграми опромінення робочих ділянок термічних процесів в секторі 360° по сітці координат через 45° у горизонтальній площині, розрахункові (рис. 5, а), виходячи з

конструкції плавильної печі та температури плавки і фактичні вимірювання (рис. 5, б) відповідно.

Результати цих вимірювань демонструють нерівномірний розподіл потоків теплового випромінювання та ділянок підвищеної температури на робочих місцях. На рисунку 6 наведено розрахункові та експериментальні дані зонального розподілу енергії термічних печей.

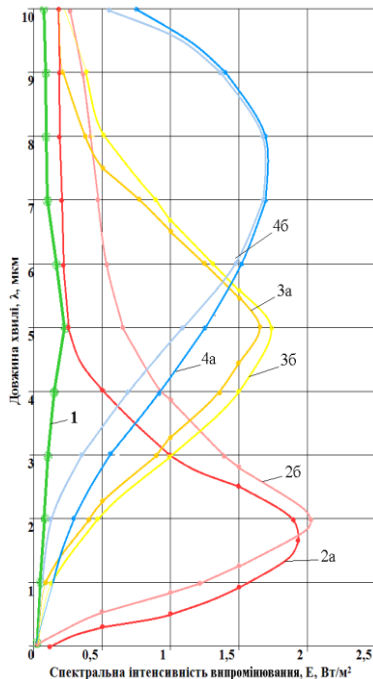


Рис. 6. Експериментальні та розрахункові дані зонального розподілу енергії випромінювання плавильних печей при відчинених вікнах на робочих місцях: 1 – нормативна крива; 2 – крива експериментальних замірів, 2 а – крива розрахункових замірів (феросплави, $t = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$); 3 а – крива експериментальних замірів, 3 б – розрахункова крива (базальт, $t = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$); 4 а – крива експериментальних замірів, 4 б – розрахункова крива (скло, $t = 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Отже, безпосереднє проведення вимірів інтенсивності опромінення в таких умовах є складними, оскільки потрібно враховувати локальні особливості розподілу параметрів термічного поля.

Саме на цих результатах ґрунтується розроблення концепції експериментальної методики та установки, призначеної для детального вивчення терморадіаційного навантаження на працівника в робочій зоні.

Для отримання достовірних даних необхідно розробити спеціальну методику вимірювань з урахуванням варіацій факторів терморадіаційного навантаження на робочому місці. Це дозволить мати комплексне уявлення про фактичні умови праці.

Висновки

1. Запропоновано новий підхід оцінки інтенсивності теплового випромінювання на робочих місцях з урахуванням забрудненості повітряного середовища.

2. Важливою характеристикою є склад газового середовища, оскільки його домішки можуть спотворювати розподіл променевої енергії через інтерференційні та дифракційні ефекти.

3. Присутність пилових часток ускладнює прямолінійний перенос тепла через розсіювання та сцинтиляцію променів, що потребує урахування і удосконалення існуючих моделей.

4. Сцинтиляція впливає на якість передачі випромінювання, що вимагає подальшого вивчення цього явища.

5. Локальні особливості складу атмосфери потребують розробки моделей з урахуванням цих варіацій для конкретного виробництва.

6. Турбулентність, домішки та неоднорідність атмосфери є важливими факторами, які необхідно детальніше дослідити під час проектування захисних засобів з урахуванням забруднення повітряного середовища при моделюванні процесів переносу тепла.

7. Отримані експериментальні дані дозволяють підвищити точність оцінки інтенсивності теплового випромінювання на робочих місцях з урахуванням забрудненості повітряного середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Беліков А. С., Стрежекуров Ю. Е., Рагімов С. Ю., Харченко В. В. До питання комплексного впливу негативних та шкідливих факторів на виникнення професійних захворювань. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 6 (018). С. 7–15.
- Стрежекуров Е. С., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю., Приходченко В. І. До питання розроблення засобів контролю, випробування теплозахисних матеріалів для захисту працівників ДСНС України. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 6 (271–272). С. 148–155.

3. Escudero C., Martin K., Erkoreka A., Floresb I., Sala J. M. Experimental thermal characterization of radiant barriers for building insulation. *J. Energy Build.* 2013. № 59. 62–72.
4. Ficker T. Numerical study of heat losses of building walls containing reflective foils. *Indoor Build Environ.* 2022. № 31. Pp. 1932–1948.
5. ISO 6946:2017. Building Components and Building Elements – Thermal Resistance and Thermal Transmittance-Calculation Methods-Annex D-Thermal Resistance of Airspaces. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 2017.
6. Saber H. H. Overview of Thermal Performance of Air Cavities and Reflective Insulations. In *Thermal Insulation and Radiation Control Technologies for Buildings*. Ko'sny J., Yarbrough D.W., Eds. ASIN: B0B3HN6W4J; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2022. Chapter 3. Pp. 55–82.
7. ASTM C518. Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. ASTM-International : West Conshohocken, PA, USA, 2021. Vol. 04.06. Pp. 163–178.
8. Saber H. H., Yarbrough D. W. Advancements in the evaluation of reflective insulation assemblies. *Constr. Specif.* 2022. № 75. Pp. 20–27.
9. Sabatini R., Richardson M. A., Gardi A., Ramasamy S. Airborne laser sensors and integrated systems. *Prog. Aerosp. Sci.* 2015. № 79. Pp. 15–63.
10. Колобродов В. Г., Кравченко І. В., Микитенко В. І. Розроблення та контроль автоматизованих оптико-електронних систем дистанційного зондування Землі. Київ : Інтерсервіс, 2021. 170 с.

REFERENCES

1. Bielikov A.S., Strezhekurov Yu.E., Rahimov S.Yu. and Kharchenko V.V. *Do pytannia kompleksnoho vplyvu nehatyvnykh ta shkidlyvykh faktoriv na vynyknennia profesiynykh zakhvoriuvan* [On the issue of the complex impact of negative and harmful factors on the occurrence of occupational diseases]. *Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2023, no. 6 (018), pp. 7–15. (in Ukrainian).
2. Strezhekurov E.Ie., Shalomov V.A., Rahimov S.Yu. and Prykhodchenko V.I. *Do pytannia rozroblennia zasobiv kontroliu, vyprovuvannia teplozakhysnykh materialiv dlia zakhystu pratsivnykiv DSNS Ukrainy* [On the development of control means and testing of heat-protective materials for the protection of SES of Ukraine employees]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2020, no. 6 (271–272), pp. 148–155. (in Ukrainian).
3. Escudero C., Martin K., Erkoreka A., Floresb I. and Sala J.M. Experimental thermal characterization of radiant barriers for building insulation. *J. Energy Build.* 2013, no. 59, pp. 62–72.
4. Ficker T. Numerical study of heat losses of building walls containing reflective foils. *Indoor Build Environ.* 2022, no. 31, pp. 1932–1948.
5. ISO 6946:2017. Building Components and Building Elements-Thermal Resistance and Thermal Transmittance-Calculation Methods-Annex D-Thermal Resistance of Airspaces. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 2017.
6. Saber H.H. Overview of Thermal Performance of Air Cavities and Reflective Insulations. In *Thermal Insulation and Radiation Control Technologies for Buildings*. Ko'sny J., Yarbrough D.W. Eds. ASIN: B0B3HN6W4J, Springer : Berlin/Heidelberg, Germany, 2022; Chapter 3; pp. 55–82.
7. ASTM C518. Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. ASTM-International : West Conshohocken, PA, USA, 2021, vol. 04.06, pp. 163–178.
8. Saber H.H. and Yarbrough D.W. Advancements in the evaluation of reflective insulation assemblies. *Constr. Specif.* 2022, no. 75, pp. 20–27.
9. Sabatini R., Richardson M.A., Gardi A. and Ramasamy S. Airborne laser sensors and integrated systems. *Prog. Aerosp. Sci.* 2015, no. 79, pp. 15–63.
10. Kolobrodov V.H., Kravchenko I.V. and Mykytenko V.I. *Rozroblennia ta kontrol avtomatyzovanykh optyko-elektronnykh system dystantsiinoho zonduvannia Zemli* [Development and control of automated optoelectronic systems for remote sensing of the Earth]. Kyiv : Interservis Publ., 2021, 170 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 02.03.2024.

УДК 614.8.084(477)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.33.1021

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ УМОВ ПРАЦІ РОБІТНИКІВ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ТЕПЛОВИМ НАПРУЖЕННЯМ

БЄЛІКОВ А. С.¹, докт. техн. наук, проф.,
ТРЕТЬЯКОВ О. В.², докт. техн. наук, проф.,
ГРИГОР'ЄВА Є. С.^{3*}, канд. техн. наук.,
ГАРМАШ Б. К.⁴, канд. техн. наук, доц.,
РАГІМОВ С. Ю.⁵, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, 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, площа 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, площа Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (050) 401-33-91, e-mail: biletska@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9525-7399

⁴ Кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел.: +38 (050) 343-19-63, e-mail: garmash@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2115-1994

⁵ Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (050) 582-59-87, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8639-3348

Анотація. Постановка проблеми. Розглядається дослідження умов праці із підвищеним тепловим напруженням: спровоковані шкідливими умовами праці захворювання мають достатньо довгий інкубаційний період, тому їх прояв не завжди легко своєчасно розпізнати і виникають труднощі у встановленні першопричини професійного захворювання. **Мета** – розроблення і впровадження методики оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела. **Методика.** Вплив на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів з урахуванням часу дії та впливу їх спільної дії у кількісній формі може бути досить об'єктивно оцінений на основі закону Вебера–Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику. Застосовано структурний аналіз для визначення структури та причин виникнення професійних захворювань. Проведено кореляційний аналіз для з'ясування характеру зв'язків між рівнями впливу факторів виробничого середовища для оцінювання умов та характеру праці робітників, на робочих місцях яких встановлено підвищене теплове напруження. Для обробки даних застосовано імовірнісно-статистичні методи – для визначення алгоритму перетворення параметрів середовища на показник виробничого ризику для працівників із шкідливими умовами праці. Розроблення моделі визначення зон перетворення професійного ризику через взаємний вплив на виробничий ризик оброблення результатів досліджень вимагали застосування методів формалізації. Використано програмну систему формування агрегованих для багатовимірного аналізу інформації, яка дозволила побудувати тривимірну модель зміни значень показника виробничого ризику в просторі між робочими місцями робітників у зварювальному відділенні. **Наукова новизна.** Ризик-орієнтований підхід із застосуванням методів оцінювання професійного і виробничого ризику для робочих місць електрозварників дозволяє врахувати шкоду організму працівника з боку чинників виробничого середовища. Встановлені закономірності дозволяють визначити зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив на виробничий ризик, що стало обґрунтуванням заходів щодо зниження травматизму і професійних захворювань. **Практична значимість.** На прикладі умов праці на робочих місцях електрозварників розроблено та апробовано методику оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела. Наведений ризик-орієнтований підхід дозволяє виконати всі вимоги та рекомендації, викладені в ISO 45001: його застосування до умов праці робітників гарячих професій (зварників) дозволяє провести кількісну оцінку професійного і виробничого ризику на їхніх РМ, зокрема, для підготовки до сертифікації за умовами ISO 45001. **Висновки.** Розроблено і впроваджено методику оцінювання ризиків на основі фундаментального закону Вебера–Фехнера для об'єктивної оцінки впливу на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів у кількісній формі через розрахунок інтегрального показника (потенційного ризику), яка дозволить оцінювати умови праці на робочих місцях та об'єктивно визначати клас умов праці.

Ключові слова: ризик-орієнтований підхід; умови праці; шкідливі виробничі чинники; теплове випромінювання

RISK-ORIENTED APPROACH TO THE ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS OF WORKERS WITH INCREASED THERMAL EXPOSURE

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
TRETYAKOV O.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
HRYHORIEVA Y.S.^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.)*,
HARMASH B.K.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
RAHIMOV S.Yu.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Occupational Safety, Civil and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (0562) 47-03-25, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine, tel.: +38 (097) 342-31-80, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-0457-9553

^{3*} Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine, tel.: +38 (050) 401-33-91, e-mail: biletska@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9525-7399

⁴ Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine, tel.: +38 (050) 343-19-63, e-mail: garmash@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2115-1994

⁵ Department of Logistics and Technical Support of Rescue Operations, National University of Civil Protection of Ukraine, 94, Chernyshevska St., Kharkiv, 61023, Ukraine, tel.: +38 (050) 582-59-87, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8639-3348

Abstract. Problem statement. The issue of studying the working conditions of workers with increased heat exposure is considered. Diseases provoked by harmful working conditions have a rather long incubation period, so their manifestation is not always easy to recognize and there are difficulties in establishing the root cause of occupational disease. **The purpose of the article.** Development and implementation of risk assessment methodology based on the joint action of harmful and hazardous industrial factors and regularities of their intensity decrease with distance from the source. **Methodology.** The impact of occupational and heterogeneous industrial factors on the employee's health, taking into account the time of action and the impact of their joint action in quantitative form, can be fairly objectively assessed on the basis of the Weber-Fechner law through the calculation of the integral index of potential risk. Structural analysis was used to determine the structure and causes of occupational diseases. Correlation analysis was carried out to find out the nature of relationships between the levels of influence of factors of the industrial environment to assess the conditions and nature of labor at the workplaces of workers, at whose workplaces the increased thermal stress was installed. Probabilistic-statistical methods were used for data processing - to determine the algorithm of transformation of environmental parameters into an indicator of occupational risk for workers with harmful working conditions. Development of a model for determining the zones of transformation of occupational risk through mutual influence on the industrial risk of the processing of research results needed the application of formalization methods. A software system for the formation of aggregated for multivariate analysis of information was used, which made it possible to build a three-dimensional model of changes in the values of the indicator of occupational risk in the space between the workplaces of employees located in the welding department. **Scientific novelty.** The applied risk-oriented approach using the methods of occupational and industrial risk assessment for electric welders' workplaces allows to take into account the harm to the worker's organism from the factors of the industrial environment. The established regularities allow to determine the zones of transformation of occupational risk through mutual influence into production risk, which is the justification of measures to reduce injuries and occupational diseases. **Practical value.** On the example of labor conditions at the workplaces of electric welders the methodology of risk assessment is developed and tested taking into account the joint action of harmful and hazardous industrial factors and regularities of their intensity decrease with distance from the source. The given risk-oriented approach allows to fulfill all the requirements and recommendations set forth in ISO 45001: its application to the working conditions of workers of hot professions (welders) allows to carry out a quantitative assessment of occupational and industrial risk at their workplaces, in particular for preparation for certification under ISO 45001. **Conclusions.** An effective tool for theoretical analysis of pollution zones formed during an extreme situation at gas stations has been created. The results of computational experiments are presented. The methodology of risk assessment based on the fundamental Weber-Fechner law for objective assessment of the impact of occupational and heterogeneous industrial factors on the employee's health in quantitative form through the calculation of the integral index (potential risk), which will allow to assess the working conditions at workplaces and objectively determine the class of working conditions, has been developed and implemented.

Keywords: risk-oriented approach; working conditions; harmful industrial factors; thermal exposure

Постановка проблеми

Головною ознакою наявності безпеки у професійній діяльності людини є зниження ймовірності виникнення ризику пошкодження її здоров'я. Право на безпечні і нешкідливі умови праці визнано в Україні одним із конституційних прав людини і громадянина [1]. Реалізація даного права здійснюється за допомогою загальноприйнятої системи, що включає в себе правові, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні, організаційно-технічні, і лікувально-профілактичні заходи та засоби. І всі вони спрямовані на збереження здоров'я та працездатності людини під час виконання нею трудових обов'язків [2–5].

У нашій державі існує правова та нормативна основа для оцінювання ризиків [3; 4; 6]. Частіше за все застосовується матричний метод оцінювання ризику (метод експертних оцінок), який дає умовне числове значення ризику, що ґрунтується на суб'єктивній оцінці. До того ж у визначенні умов праці реагування організму людини на дію шкідливих виробничих факторів не враховується. Виникає необхідність розробити та впровадити методіку оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела.

Тому впровадження ризик-орієнтованого підходу до управління безпекою праці робітників в умовах підвищеного теплового напруження становить актуальну проблему, розв'язання якої досі не віднайдено.

Аналіз останніх досліджень.

Дослідження питань, пов'язаних з оцінкою, аналізом і управлінням професійними та виробничими ризиками, – це актуальне наукове і практичне завдання. Поряд із вивченням їх сутності, основних характеристик і функцій, велике значення мають причини і сфера виникнення професійних і виробничих ризиків, а також ступінь тяжкості наслідків у результаті їх впливу.

Історичні аспекти розвитку термінологічної бази професійних і виробничих ризиків, їх класифікація за

характерними галузевими критеріями та ознаками, сутністю і змістом, а також підходи до оцінювання, аналізу й управління професійними ризиками розглядаються в численних наукових роботах [7–11].

Розвиток міжнародної практики стосовно питань забезпечення безпеки праці відбувається через менеджмент професійними ризиками, створення і вдосконалення ефективної системи управління охороною праці на підприємствах, мінімізацію соціальних і економічних втрат, пов'язаних із нещасними випадками та професійними захворюваннями. З урахуванням вимог ДСТУ ISO 45001:2018 [3].

Обґрунтування застосування методів оцінювання професійного і виробничого ризику означатиме на практиці розширення можливостей забезпечення конституційного права людини на працю в умовах, які відповідатимуть вимогам безпеки [12–15]. Зазначимо, що людина, яка працює у шкідливих умовах, має право на пільги і компенсації, передбачені відповідними нормативними документами [16–19].

Означений напрям досліджень потребує ретельного оцінення потенційних ризиків для людини при виконанні професійних обов'язків, важливого в частині визначення вагомості показників виробничого травматизму та професійної захворюваності у загальних збитках підприємства [20], а також і для визначення ціни ризику для прогнозування розвитку підприємства, і для застосування органами державного нагляду для мотивації роботодавця підвищувати рівень безпеки виробництва. Такий підхід стає обґрунтуванням для подальшого удосконалення нормативно-правової бази охорони праці в нашій державі.

Чинні міжнародні норми вимагають від роботодавців оцінювання ризиків для життя і здоров'я працюючої людини, а заходи, що не ґрунтуються на оцінці ризиків, наразі розглядаються як не науково обґрунтовані, або вжиті без достатніх наукових підстав [7].

Мета статті – розроблення і впровадження методіки оцінювання ризиків

з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела.

Опис об'єкта. Відповідно до ДСТУ ISO 31000:2018 [6] управління ризиками – це ітеративний процес, спрямований на визначення стратегії, досягнення поставленої мети і схвалення обґрунтованих і виважених рішень. Ефективна реалізація таких заходів на кожному рівні системи управління охороною здоров'я і безпекою праці дозволить підприємствам і організаціям створювати безпечні умови праці на робочих місцях. Це сприятиме запобіганню травмам, уповільнить загальне погіршення здоров'я працездатного населення, активно підвищуватиме показники діяльності у сфері охорони праці на стадії превентивних та коригувальних дій.

Відомо, що до діапазону завдань з управління безпекою праці кожної організації входить визначення факторів, які сприяють виникненню професійних і виробничих ризиків, дослідження їх рівня впливу на працівників, розроблення цілеспрямованих заходів щодо своєчасного усунення професійних ризиків, а також постійний моніторинг забезпечення безпеки на робочих місцях [1; 19].

Професійні захворювання мають чіткі зв'язки з характером виконуваної роботи. Основну проблему для держави становить нівелювання причин, що являють собою основу для загального зниження здоров'я працездатного населення. Цю проблему поглиблює той факт, що спровоковані шкідливими умовами праці захворювання мають неймовірно довгий інкубаційний період. В результаті цього вони можуть виявлятися у різних формах, які не завжди легко розпізнати і встановити першопричину захворювання.

У дослідженні процесів теплового опромінення необхідно враховувати, що температурний стан нашого тіла не завжди збігається із суб'єктивним тепловим відчуттям. Температурні рецептори не відчують відмінності в довжині хвилі теплового випромінювання, яка

сприймається організмом працівника. Тут має сенс додати, що температура нагріву у більшості виробничих джерел теплового випромінювання підприємств становить від 80 до 1 600 °С, а максимум випромінювання припадає на довжину хвилі від 0,76 до 3–9 мкм.

Для оцінення дії теплового випромінювання на працівника велике значення має інтенсивність опромінення. Таким чином визначається шкода або її відсутність на організм робітника. Встановлено, що інтенсивність теплового опромінення коливається на робочих місцях (РМ) у діапазоні від 60 до 1 000 Вт/м². При цьому кожна частина поверхні тіла людини здійснює променистий теплообмін лише з певними поверхневими частинами навколишніх предметів, розташованих усередині кута тілесного 2 π -стерадіан, тобто у півсфері.

Величина опроміненості елементарного майданчика тіла залежить від її орієнтації у просторі щодо джерела теплового випромінювання. Ця величина має векторний характер і багатозначна у кожній точці простору. А біологічний ефект теплової енергії та її вплив на організм людини виявляються тільки при поглинанні тканинами організму енергії, що падає на них. В результаті такі значні теплові навантаження спричинюють прогресивний розвиток професійних захворювань.

Існують суттєві відмінності в умовах праці та стані здоров'я працівників, які зазнають значного впливу інфрачервоного випромінювання (ІЧВ). Частота первинного виходу на інвалідність робітників енергонасичених підприємств за 70–80-ті роки минулого сторіччя становила 8 випадків на 1 000 робітників. Серед встановлених причин означених випадків інвалідності були хвороби, нещасні випадки та травми, а також злякисні новоутворення, що зображено у відсотковому співвідношенні на рисунку 1.

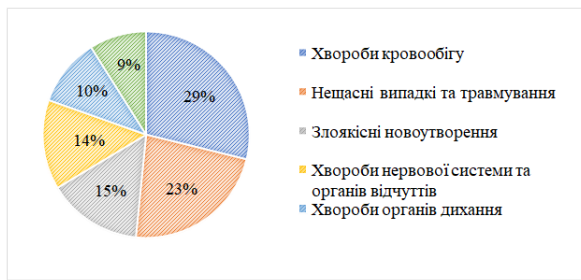


Рис. 1. Причини виникнення первинної інвалідності у робітників енергонасичених підприємств

Привертає увагу той факт, що серед працівників гарячих професій з віком зменшується частка здорових осіб від однієї вікової групи до іншої. Для гарячих професій серед працівників віком від 20 до 29 років цей показник становить 87,1 %, до 50 років та старших – 41,7 %. А для холодних професій такі показники сягають 87,1 і 66,7 % відповідно.

У працівників холодних цехів цей показник на 16 % менший.

Значення показника професійної захворюваності на заводах України для працівників із підвищеним тепловим напруженням на РМ невиправдано вище, ніж для співробітників ремонтно-механічних відділень, залізничників. Структуру професійних захворювань на заводах України зображено на рисунку 2.

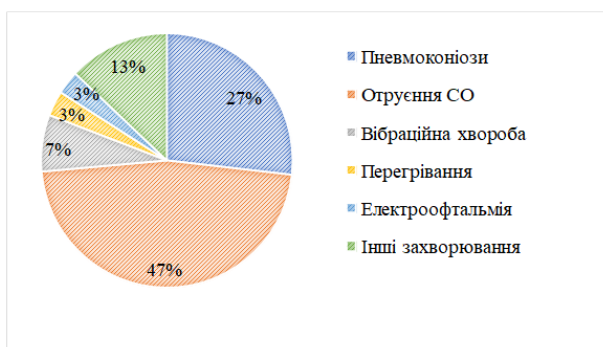


Рис. 2. Структура професійних захворювань на заводах України

За даними проведених досліджень, кількість захворювань і звернень до лікарні серед працівників гарячих професій вища, ніж серед працівників холодних професій. Зварники, оператори гарячих цехів, термісти мають 114,2 випадки та 812 днів непрацездатності на 1 000.

Установлено, що інтенсивність опромінення та її коливання сильно

впливають на організм працівника. Серед тих, хто тривалий час перебував на РМ під тепловим випромінюванням, частота захворюваності вища на 21,2 % порівнянно з іншими професіями. Це становить 60,9–64,8 % від загальної кількості зайнятих на заводі працівників. А в днях непрацездатності – вище на 13,7 %.

Отже, не вирішеною частиною розглянутої проблеми залишається оцінювання професійних та виробничих ризиків на робочому місці з урахуванням реагування організму працівника на дію шкідливих чинників виробничого середовища.

Методика. Вплив на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів з урахуванням часу дії та впливу їх спільної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера–Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику.

Для розроблення і втілення заходів, що запобігатимуть зниженню працездатності людини, виникненню в неї професійних захворювань і випадків виробничого травматизму, необхідне об'єктивне оцінювання впливу, умов праці на людину.

Умови праці як деяка сукупність психофізіологічних, санітарно-гігієнічних, соціальних та естетичних елементів виробничого середовища проявляються безпосередньо і діють на здоров'я і працездатність людини під час професійної діяльності.

Виникає необхідність застосовувати такі засоби якісної і кількісної оцінки ризиків із боку шкідливих виробничих чинників, що дозволили б із достатньою об'єктивністю та точністю визначити наявний ступінь впливу несприятливих умов праці на організм людини під час виконання професійної діяльності.

Теплове або ІЧ випромінювання – один із несприятливих факторів виробничого середовища для працівників гарячих професій, зокрема, електрозварників. Характерна особливість ІЧВ полягає в тому, що цей фактор формує мікроклімат на РМ одночасно з іншими параметрами. Отже,

здатний самостійно підвищувати шкідливість умов праці на РМ. Зокрема, в працях [7] встановлено, що інтенсивне ІЧВ є окремим параметром якості виробничого середовища, який суттєво впливає не тільки на самих зварників під час виконання ними своїх професійних зобов'язань. Для працівників інших професій, які опиняються у зоні виникнення професійного ризику електрозварників, при цьому виникає вже власний виробничий ризик, на їхньому РМ.

Системна відповідь організму на спільний вплив фізичних факторів виробничого середовища визначається характером означених факторів, їх інтенсивністю та особливостями реагування фізіологічних систем.

Для того, щоб урахувати шкоду для організму зварників, яка виникає під час виконання ними професійної діяльності,

запропоновано застосовувати методику визначення потенційного ризику за дії різномірних факторів [7]. Доведено, що Закон Вебера–Фехнера – це єдиний закон, який дозволяє поєднати систему «людина – машина – середовище» і шкідливі фактори, які впливають на працюючу людину або зумовлені виробничим середовищем.

Застосування означеної методики враховує реагування організму працівника й одночасно математично оцінює шкідливість виробничого процесу.

Через перетворення класичного виразу закону Вебера–Фехнера шляхом уведення до нього нормування ризику в координатах проводиться розрахунок потенційного ризику, виникнення якого можливе з боку будь-якого параметра якості виробничого середовища (табл. 1).

Таблиця 1

Розрахунок потенційного ризику за дії різномірних факторів

Параметри якості середовища	Одиниці вимірювання	Норматив прийнятного 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	мЗв 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	$r = 10^{-6} + k \cdot \lg \frac{E}{ПДЕЕ}$

Застосування ризик-орієнтованого підходу до умов праці співробітників зварювального відділення полягає в розрахунку потенційного ризику на основі конкретних даних, отриманих дослідженням наявних факторів виробничого середовища і трудового процесу під час чергової атестації РМ.

Таким чином встановлено, що вплив на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів з урахуванням часу та впливу їх спільної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера–Фехнера через розрахунок

інтегрального показника – потенційного ризику.

Результати. У повітрі робочої зони працівників підприємства під час атестації РМ виявлено шкідливі хімічні речовини у концентраціях, що перевищують нормативні, пил фіброгенної дії у концентраціях, що перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК), перевищення нормативних показників шуму, вібрації, інтенсивності ІЧВ, а також за показниками важкості та напруженості праці.

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

шкідливих виробничих факторів, визначених у Гігієнічній класифікації праці та є характерними для багатьох видів зварювання та споріднених процесів.

На досліджуваному підприємстві РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13) розташовані на відстані 1,6 м одне від одного.

Із застосуванням Методики розрахунку розподілу рівнів електромагнітного поля досліджено умови праці робітників зварювального відділення підприємства.

Інтенсивність ІЧВ характеризується густиною потоку енергії і визначається за такими формулами:

при $l \geq \sqrt{S}$

$$Q = \frac{0,91 \cdot S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{l^2}, \quad (1)$$

при $l \leq \sqrt{S}$

$$Q = \frac{0,91 \cdot S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{l}, \quad (2)$$

де Q – густина досліджуваного потоку енергії, Вт/м²; S – загальна площа випромінювання, м²; T – температура досліджуваної поверхні випромінювання, К; l – відстань від досліджуваного джерела випромінювання, м; A – константа (для шкіри людини та бавовняної тканини $A = 85$; для сукна $A = 110$).

Густина потоку енергії ІЧВ визначали за допомогою вимірювача рівнів електромагнітних випромінювань ПЗ-41. Цей прилад використовується для виявлення і контролю біологічно небезпечних рівнів електромагнітних випромінювань, напруженості, щільності потоку енергії та експозиції для забезпечення виконання вимог Загального технічного регламенту щодо електромагнітної сумісності та безпеки, який діє в країнах ЄС і відповідає вимогам національних та міжнародних стандартів.

Проведені розрахунки встановили взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища на

електрозварників, робочі місця яких розташовані поряд.

Наведені графіки зміни інтенсивності ІЧВ на двох РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13) залежно від відстані без урахування взаємного впливу від поряд розташованих РМ (рис. 3, 4) та з урахуванням взаємного впливу між ними надають уяву про реальний стан підвищення теплового напруження на означених РМ.

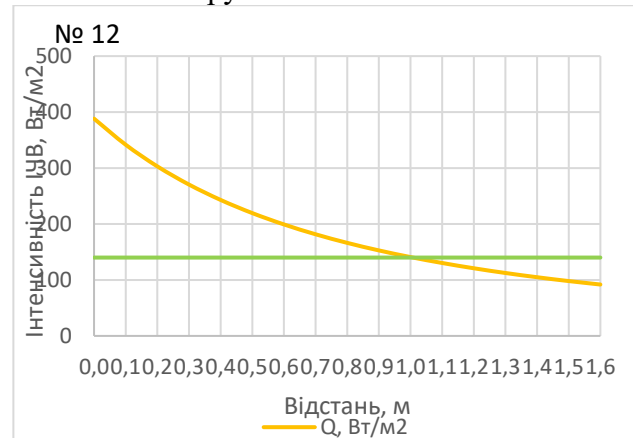


Рис. 3. Зміна інтенсивності ІЧВ залежно від відстані без урахування взаємного впливу від РМ № 12 до РМ № 13

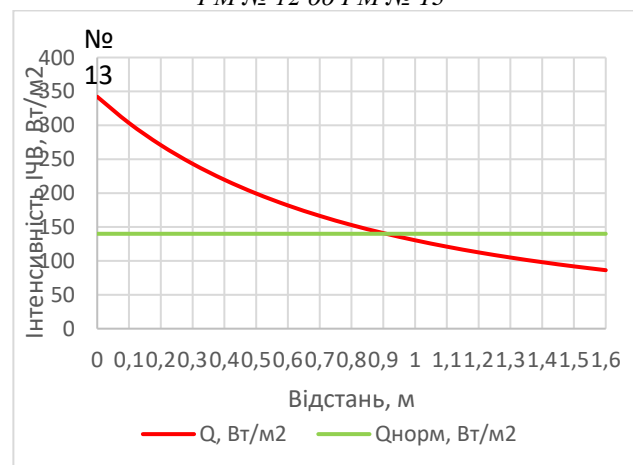


Рис. 4. Зміна інтенсивності ІЧВ залежно від відстані без урахування взаємного впливу від РМ № 13 до РМ № 12

Ризик-орієнтований підхід був застосований до оцінювання умов праці співробітників зварювального відділення.

У відповідності з чинними міжнародними нормами і рекомендаціями [3] на основі методики визначення потенційного ризику за дії різнорідних факторів проведено перетворення інтенсивності ІЧВ на виробничий ризик для електрозварників з одночасним урахуванням шкідливого впливу від інших факторів:

шкідливі хімічні речовини (марганець, оксид заліза), робоча поза.

Для оцінення ступеня реального професійного і виробничого ризику на основі отриманих значень ІЧВ для РМ працівників зварювального відділення застосовано залежність (2) для розрахунку потенційного ризику.

Моделювання виникнення зон потенційного виробничого ризику у багатовимірному просторі дозволяє графічно визначити співвідношення нормативних та дійсних значень

виробничого середовища і трудового процесу.

Установлено закономірності прояву потенційного виробничого ризику з урахуванням розміщення робочих місць та дії шкідливих та небезпечних факторів.

Отримані значення щодо зміни інтенсивності ІЧВ залежно від відстані без урахування взаємного впливу від РМ № 12 до РМ № 13 істотно відрізняються від тих значень інтенсивності ІЧВ, де взаємний вплив від поряд розташованих РМ врахований (рис. 5).



Рис. 5. Зміна значень інтенсивності ІЧВ на РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13) залежно від відстані

Аналіз даних свідчить про взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища на електрозварників, РМ яких розташовані поряд. Значення інтенсивності ІЧВ $Q_{\text{сум}}$ на відстані 0,8 м від РМ електрозварників у 2,3 рази вище від гранично допустимого (140 Вт/м^2). А отримане значення $Q_{\text{сум}}$ на самому РМ вище у 3,4 рази від гранично допустимого значення і сягає $474,54 \text{ Вт/м}^2$.

На рисунку 6 зображено, яким чином відбувається перетворення професійного ризику на виробничий для співробітників зварювального відділення виробничого підприємства (РМ № 12, РМ № 13).

Відповідно до міжнародної класифікації [6], гранично допустиме значення тотожне значенню потенційного ризику 10^{-4} . Отримані показники виробничого ризику вже на відстані 0,8 м від РМ

електрозварників виявились надмірними ($R_{\text{int}} > 10^{-1}$). Логічно припустити, що відповідно до міжнародних норм таке значення виробничого ризику на РМ за ступенем шкідливості може бути віднесене вже до екстремальних умов праці. Хоча їхні РМ відповідно до чинного законодавства нашої держави віднесені до класу 3.2 умов праці за ступенем шкідливості – до таких умов, які характеризуються певними рівнями шкідливих чинників виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення.

Зазначимо, що умови праці класу 3.2 призводять у більшості випадків до зростання виробничо-зумовленої захворюваності та появи окремих випадків професійних захворювань, що виникають після тривалої експозиції.

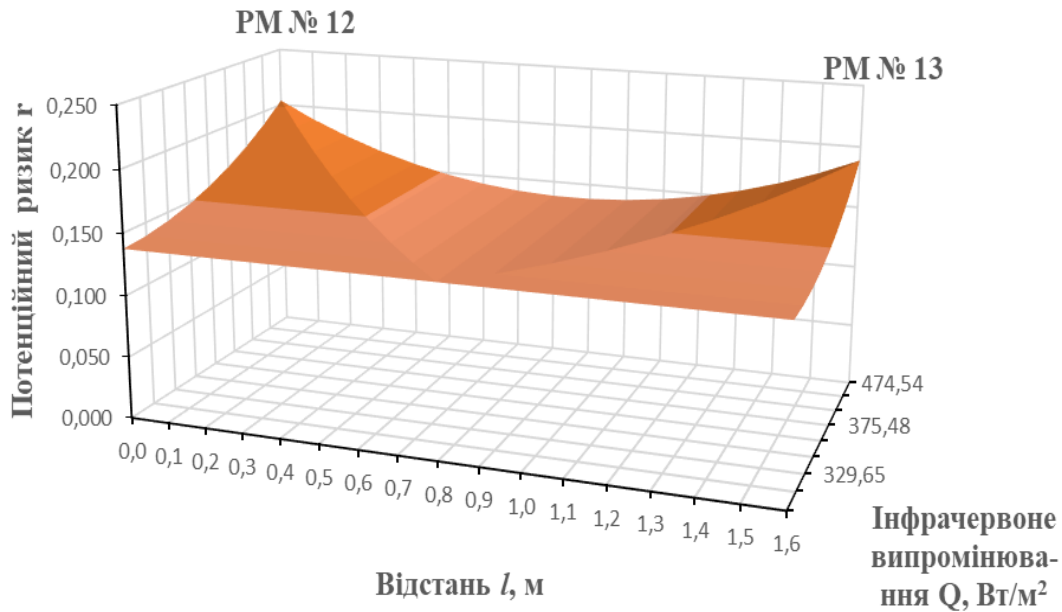


Рис. 6. Рівень виробничого ризику, зумовленого ІЧВ, для поряд розташованих РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13)

Інший момент, на якому необхідно наголосити: РМ працівників зварювального відділення розташовані впритул, тобто, у цьому приміщенні немає проміжку для проходження. Кожний із співробітників підприємства, хто через виробничу необхідність входить до цього приміщення, опиняється у зоні дії шкідливого фактора.

Таким чином встановлено зону шкідливої дії на організм інших категорій працівників з боку шкідливих чинників виробничого середовища електрозварників.

Отже з'ясовано, що теплове або ІЧВ здатне самостійно підвищувати шкідливість умов праці на РМ. Як видно із графіка на рисунку 6, досліджувані місця зварників – це джерела інтенсивного теплового випромінювання, що спричинює прогресивний розвиток професійних захворювань. Це встановлено шкідливість робочого процесу, не зумовленою професійними обов'язками. Така шкідливість виробничого процесу наразі не враховується, а отже, для робітників немає пільг та компенсацій.

Встановлено закономірності зниження інтенсивності кожного шкідливого фактора за умови віддалення від джерела. Це дозволяє оцінити рівень ризику для інших категорій працівників: майстра дільниці, керівника відділення тощо.

Наведені дані експериментально підтверджують неприховану шкоду організму працівника за наявності підвищеного теплового напруження на РМ, яке також спричинює розвиток професійних захворювань, що не є властивими для певної категорії працюючих і не зумовлені професійною діяльністю.

Наукова новизна та практична цінність. На прикладі умов праці на робочих місцях електрозварників розроблено та апробовано методику оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела. Ризик-орієнтований підхід із застосуванням методів оцінювання професійного і виробничого ризику для робочих місць електрозварників дозволяє врахувати шкоду організму людини з боку чинників виробничого середовища. Встановлені закономірності дозволяють визначити зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив на виробничий ризик, що стало обґрунтуванням заходів до зниження травматизму і професійних захворювань.

Наведений ризик-орієнтований підхід дозволяє виконати всі вимоги та рекомендації, викладені в ISO 45001: його застосування до умов праці робітників

гарячих професій (зварників) дозволяє провести кількісне оцінення професійного і виробничого ризику на їхніх РМ, зокрема, для підготовки до сертифікації за умовами ISO 45001.

Висновки

1. Оцінення професійних ризиків важливе і в частині визначення вагомості показників виробничого травматизму та професійної захворюваності (у загальних збитках підприємства); і для оцінки вартості ризику для прогнозних оцінок стосовно розвитку підприємства; і в частині застосування органами державного нагляду показників оцінки збитків для мотивації роботодавця підвищувати рівень безпеки виробництва; для обґрунтування поліпшення нормативно-правової бази охорони праці у державі.

2. Працездатність як поняття визначається через здатність людини виконувати певну роботу протягом заданого часу. Вона залежить від певних чинників як суб'єктивного, так і об'єктивного характеру. Розвиток міжнародної практики стосовно питань забезпечення безпеки праці відбувається через менеджмент професійними ризиками, створення і вдосконалення ефективної системи управління охороною праці на підприємствах, мінімізацію соціальних і економічних втрат, пов'язаних із нещасними випадками та професійними захворюваннями. Застосування методів оцінення професійного ризику означатиме на практиці розширення можливостей забезпечення конституційного права людини на працю в таких умовах, які відповідають вимогам безпеки.

3. Розроблено методику оцінювання ризиків на робочому місці, яка враховує реагування організму працівників на шкідливий вплив з боку чинників виробничого середовища. Застосування означеної методики дозволяє обчислити шкідливість виробничого процесу в цілому.

4. Застосування методики оцінювання ризиків на основі розрахунку потенційного ризику дозволило провести кількісне оцінення потенційної шкідливості виробничих процесів на основі даних оцінки факторів виробничого середовища. Отримані дані дозволили побудувати тривимірну модель зони виробничого ризику для робітників зварювального відділення виробничого підрозділу.

5. Моделювання виникнення зон потенційного виробничого ризику у багатовимірному просторі дозволило визначити співвідношення нормативних та дійсних значень виробничого середовища і трудового процесу. Привертає увагу той факт, що робочі місця електрозварників Гігієнічною класифікацією праці віднесені до 3.2 класу умов праці, хоча отримані показники інтегрального ризику для їхніх робочих місць є надмірними ($R_{in} \approx 10^{-1}$). Результати досліджень дозволяють стверджувати, що експериментально встановлені закономірності прояву існуючого потенційного виробничого ризику для робочих місць електрозварників враховують їх розміщення та дію шкідливих та небезпечних факторів. У результаті досліджень експериментально підтверджені закономірності, на основі яких можна визначати зони перетворення професійного ризику на виробничий ризик через взаємний вплив для електрозварників.

6. Актуальним бачиться врахування особливостей функціонального стану організму за одночасного впливу кількох факторів виробничого середовища як основи для подальшого розроблення методичних підходів до нормування різних факторів з урахуванням їх спільної дії. Науково та на практиці обґрунтовано застосування методики на основі критеріїв для оцінювання ризиків до умов праці із підвищеним тепловим напруженням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конституція України : станом на 1 верес. 2016 р. Верховна Рада України. Харків : Право, 2016. 82 с.
2. Про охорону праці : Закон України від 27 грудня 2019 р. № 2694-ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
3. ISO 45001 Occupational health and safety management systems. Requirements for application. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
4. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2015-05-02]. (Національний стандарт України). URL: http://web.kpi.kharkov.ua/safetyofliving/wp-content/uploads/sites/171/2017/10/dstu_2293_2014.pdf
5. ДСТУ 3138-95. Організація промислового виробництва. Праця та заробітна плата. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1996. 36 с.
6. ISO 31000. Risk management. Principles and guidelines. URL: <https://risk-engineering.org/ISO-31000-risk-management/>
7. Григор'єва Є. С. Удосконалення ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на основі впровадження інтегрального показника : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к-та техн. наук : 05.26.01. Дніпро, 2023. 26 с.
8. Гогіташвілі Г. Г., Лапін В. М. Оцінка ризику – основа управління охороною праці та охорона праці. *Охорона праці*. 2007. № 4. С. 18–19.
9. Гогіташвілі Г. Г., Карчевський Е. Т., Лапін В. М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами. Київ : Знання, 2006. 256 с.
10. Macrae C. Regulation and Risk: Occupational Health and Safety on the Railways. *Risk Analysis*. 2004. № 2. Pp. 509–510.
11. Metzgar C. R. Safety analysis : principles & practices in occupational safety, 2nd edition. *Professional safety – Proquest ABI/INFORM*. 2003. № 8. 12 p.
12. Полукаров О. І., Пімонова К. А. Стандарт ISO 45001 та його роль у формуванні системи управління охороною праці в організації. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки*. 2018. С. 216–218.
13. Кружилко О. Є., Кириченко Ю. А., Демчук Г. В., Полукаров О. І., Сукач С. В. Математичне моделювання коефіцієнта важкості виробничого травматизму на підприємствах вугільної промисловості. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки*. 2013. С. 67–72.
14. Шишова О. В., Філь Х.-Г. Р., Фірман В. М. Управління охороною праці та промисловою безпекою. *Проблеми та перспективи розвитку охорони праці*. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. С. 31–32.
15. Polukarov O. I., Prakhovnik N. A., Polukarov Y. O., Mitiuk L. O., Demchuk H. V. Assessment of occupational risks: New approaches, improvement, and methodology. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2021. № 8 (11). Pp. 79–86.
16. Івчук Ю. Ю. Державна політика України у сфері охорони праці: вплив правових стандартів ЄС. *Право та інноваційне суспільство*. 2015. № 1 (4). С. 132–136.
17. Третьяков О. В., Нестеренко С. В., Горстка К. В. Система страхування від нещасних випадків – дієвий важіль управління безпекою праці в країні. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности*. 2016. № 93. С. 37–44.
18. Mollo L. G., Emuze F., Smallwood J. Improving occupational health and safety (OHS) in construction using Training-Within-Industry method. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/368333154.pdf>
19. Лис Ю. С. Оцінка ризиків в системі управління охороною праці. *Системи обробки інформації*. 2016. № 9 (146). С. 193–196.
20. Boyac A. Ç., Selim A. Assessment of occupational health and safety risks in a Turkish public hospital using a two-stage hesitant fuzzy linguistic approach. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. Pp. 36313–36325. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-18191-x>

REFERENCES

1. *Konstytucia Ukrainy* [Constitution of Ukraine]. Verkhovna Rada of Ukraine. Kharkiv : Pravo Publ., 2016, 82 p. (in Ukrainian).
2. *Pro ohoronu praci* [About occupational health and safety]. 2009. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (in Ukrainian).
3. ISO 45001. Occupational health and safety management systems. Requirements for application. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
4. 2293:2014. *Ohorona praci. Terminy ta vyznachennya* [Occupational safety and health. Terms and definitions of basic concepts. (National Standard of Ukraine)] URL: http://web.kpi.kharkov.ua/safetyofliving/wp-content/uploads/sites/171/2017/10/dstu_2293_2014.pdf (in Ukrainian).
5. 3138-95. *Organizaciia promyslovogo vyrobnytva. Pracia ta zarobitna plata. Terminy ta vyznachennya* [Organization of industrial production. Labor and wages. Terms and definitions.] Kyiv, 1996, 36 p. (in Ukrainian).

6. ISO 31000. Risk management. Principles and guidelines. URL: <https://risk-engineering.org/ISO-31000-risk-management/>

7. Hryhorieva Ye.S. *Udoskonalennia risik-orientovanogo pidhodu do ociniuvannia umov praci na osnovi vprovadzhenia integralnogo pokaznyka* [Improvement of the risk-based approach to assessing working conditions through the introduction of an integral index]. Dnipro, 2023, 26 p. (in Ukrainian).

8. Gogitashvili G.G. and Lapin V.M. *Ocinka rysyku – osnova upravlinnia ohoronou praci ta ohorona praci* [Risk assessment is the foundation of occupational health and safety management and occupational health and safety]. *Ohorona praci* [Bulletin of the Occupational Health and Safety]. 2007, no. 4, pp. 18–19. (in Ukrainian).

9. Gogitashvili G.G., Karchevskiy E.T. and Lapin V.M. *Upravlinnia ohoronou praci ta rysykom za mizhnarodnymy standartami* [Occupational safety and risk management according to international standards]. Kyiv : Knowledge Publ., 2006, 256 p. (in Ukrainian).

10. Marcrac C. Regulation and Risk : Occupational Health and Safety on the Railways. *Risk Analysis*. 2004, no. 2, pp. 509–510.

11. Metzgar C.R. Safety analysis : principles & practices in occupational safety, 2nd edition. Professional safety – Proquest ABI/INFORM. 2003, no. 8, 12 p.

12. Polukarov O.I. and Pimonova K.A. *Standart ISO 45001 ta yogo rol u formuvanni systemy upravlinnia ohoronou praci v organizaciii* [ISO 45001 standard and their role in the formation of occupational health and safety management system in the organization.]. *Problemy ohorony praci, promyslovoi ta cyvilnoi bezpeky* [Bulletin of the Problems of Labor Protection, Industrial and Civil Safety]. 2018, pp. 216–218. (in Ukrainian).

13. Kruzhylo O.Ye., Kyrychenko Yu.A., Demchuk H.V., Polukarov O.I. and Sukach S.V. *Matematychni modeluvannia koeficienta vazhkosti vyrobnychogo travmatysmu na pidpriemstvakh vugilnoi promyslovosti* [Mathematical modeling of the coefficient of severity of occupational injury rate at the enterprises of coal industry]. *Problemy ohorony praci, promyslovoi ta cyvilnoi bezpeky* [Bulletin of the Problems of Labor Protection, Industrial and Civil Safety]. 2013, pp. 67–72. (in Ukrainian).

14. Shyshova O.V., Fil H.-G.R. and Firman V.M. *Upravlinnia ohoronou praci ta promyslovou bezpekou* [Management of labor protection and industrial safety]. *Problem ta perspektyvy rozvytku ohorony praci* [Bulletin of the Difficulties and Prospects for the Development of Labor Protection]. Lviv, 2019, pp. 31–32. (in Ukrainian).

15. Polukarov O.I., Prakhovnik N.A., Polukarov Y.O., Mitiuk L.O. and Demchuk H.V. Assessment of occupational risks: New approaches, improvement, and methodology. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2021, no. 8 (11), pp. 79–86.

16. Ivchuk Yu.Yu. *Derzhavna polityka Ukrainy u sferi ohorony praci: vplyv pravovyh standartiv YeS* [State policy of Ukraine in the field of labor protection: the impact of EU legal standards]. *Pravo ta innovaciine suspilstvo* [Bulletin of the Law and Innovative Society]. 2015, no. 1 (4), pp. 132–136. (in Ukrainian).

17. Tretiakov O.V., Nesterenko S.V. and Horstka K.V. *Systema strahuvannia vid neschasnuh vypadkiv – diievyyi vazhil upravlinnyia bezpekou praci v kraii* [Accident insurance system - an effective lever of labor safety management in the country]. *Stroitelstvo. Materialovedeniie. Mashynostroeniie. Seria: Besopasnost zhyznedielnosti* [Civil Construction. Materials Science. Mechanical Engineering. Series: Life Safety]. 2016, no. 93, pp. 37–44. (in Ukrainian).

18. Mollo L.G., Emuze F. and Smallwood J. Improving occupational health and safety (OHS) in construction using Training-Within-Industry method. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/368333154.pdf>

19. Lys Yu.I. *Ocinka rysykv v systemi upravlinnia ohoronou praci* [Risk assessment in the occupational health and safety management system]. *Systemy obrobki informacii* [Bulletin of the Information Processing Systems]. 2016, no. 9 (146), pp. 193–196. (in Ukrainian).

20. Boyac A.Ç. and Selim A. Assessment of occupational health and safety risks in a Turkish public hospital using a two-stage hesitant fuzzy linguistic approach. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022, vol. 29, pp. 36313–36325. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-18191-x>

Надійшла до редакції: 21.03.2024.

УДК 69.003:332.721.07

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.45.1022

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЄКТІВ ДЕВЕЛОПМЕНТУ НЕРУХОМОСТІ

БІЛОКОНЬ А. І.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
КИСЛИЦЯ Л. В.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

^{2*} Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 78-031-78, e-mail: lina_kalnysh@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4563-2530

Анотація. Розглянуто галузь, яка стосується організації управління проектами девелопменту. Показано, девелопмент нерухомості має низку певних особливостей, які прямо впливають на діяльність девелопера й організацію управління девелопментом. Наявність цих особливостей створює унікальне середовище, в якому діє девелопер і яке зумовлює різні підходи, схеми, форми, моделі організації управління проектами девелопменту. **Мета роботи** – сформулювати системні уявлення про форми організації проектів девелопменту. Для досягнення мети, формування цілісного уявлення про організаційні механізми управління проектами девелопменту, розглянуто організаційне середовище, в якому діють проектні групи і форми організації управління проектами в девелоперських компаніях. Показано, в моделі життєвого циклу проекту, організаційна схема управління проектом може бути різною як на окремих фазах, так і для різних за концепцією і масштабом проектів. Проаналізовано організацію управління на фазах життєвого циклу (ЖЦ) проектів і організаційні структури компаній девелоперів на фазі будівництва. Показано, сучасні організації постійно спрямовують свої зусилля на вдосконалення (розвиток) організаційного середовища управління девелопментом і створення умов для успішної реалізації проектів. Тому, окрім цінності створених ними нових матеріальних активів, група управління проектом (ГУП) додає (створює) цінність унікального організаційного середовища. Показано підхід до оцінювання спільної роботи команди проекту. Розвинуто організаційне середовище, безумовно, представляє цінність, яку девелопер додатково отримує разом із новими об'єктами девелопменту. **Завдання** – розглянути організацію діяльності груп управління проектами (ГУП) девелопменту; організаційні форми управління проектом девелопменту; організацію управління проектом девелопменту на фазі будівництва як найбільш вагомим та організаційні схеми девелоперських компаній. **Результати дослідження** – сформовано системне уявлення про організацію управління проектами девелопменту. Проаналізовано можливі форми організації проектів девелопмента та елементи організаційного середовища компанії.

Ключові слова: *девелопмент; девелопер; концепції; керівник проекту; управління проектом; будівництво; організація управління*

ORGANIZATION OF REAL ESTATE DEVELOPMENT PROJECTS

BILOKON A.I.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KYSLYTSIA L.V.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

^{2*} Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (097) 78-031-78, e-mail: lina_kalnysh@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4563-2530

Abstract. The considers the field of development, specifically focusing on the organization of project management in development. It is demonstrated that real estate development possesses certain characteristics that directly impact the activities of developers and the organization of development management. The presence of these characteristics creates a unique environment in which developers operate, influencing various approaches, schemes, forms, and models of project development management organization. **The purpose of the article** is to formulate systematic concepts regarding the forms of organization in development projects. To achieve the goal of forming a comprehensive understanding of organizational mechanisms for managing development projects, the paper examines the organizational

environment in which project teams operate and the forms of project management organization in development companies. The paper illustrates that in the project life cycle model, the organizational structure of project management can vary both within individual phases and across projects of different concepts and scales. The management organization during different phases of the project life cycle (PLC) and the organizational structures of development companies during the construction phase have been analyzed. It is demonstrated that contemporary organizations consistently channel their efforts towards improving (developing) the organizational management environment in development and creating conditions for the successful implementation of projects. Therefore, in addition to the value of creating new tangible assets, the project management group (PMG) adds (creates) value through the establishment of a unique organizational environment. The approach to evaluating the values of collaborative work within a project team is demonstrated. The developed organizational environment unquestionably represents a value that the developer additionally acquires along with new development projects. **Task:** the paper explores the organization of project management groups (PMG) in development; organizational forms of development project management; the organization of project management in development during the construction phase as the most significant; and organizational structures of development companies. **Research results:** a system application for the organization of development projects' management has been created. Possible forms of development projects' organization and elements of the company's organizational structure are analyzed.

Keywords: *development; developer; concepts; project manager; project management; construction; management organization*

Вступ. Відомо, девелопмент нерухомості розглядається у двох взаємопов'язаних аспектах:

– девелопмент – виступає як якісне перетворення нерухомості (земель, окремої будівлі);

– девелопмент – особлива професійна підприємницька діяльність на ринку нерухомості.

Матеріальні перетворення, що здійснюються за рахунок девелопменту, забезпечують зростання вартості нерухомості. Для девелопера, як підприємця, що організовує і реалізовує проекти девелопменту, саме у збільшенні вартості об'єкта нерухомості полягає зміст і сутність його діяльності, оскільки саме це зростання і є джерело доходу девелопера

Девелопмент нерухомості має низку певних особливостей, які прямо впливають на діяльність девелопера й організацію управління девелопментом.

Девелоперські проекти – складні у містобудівному, технологічному, технічному та економічному розумінні процеси, належать до капіталоемких проектів; різні за обсягом, за змістом, за видами, за оточенням; мають тривалий термін окупності; торкаються інтересів багатьох учасників, які підтримують або можуть завадити реалізації проекту; мають багато зовнішніх впливів; повинні відповідати вимогам потенційних

користувачів; бути конкурентними; їх реалізація пов'язана із певною невизначеністю; різняться за умовами та ідеєю використання земельної ділянки; мають враховувати численні обмеження.

Наявність цих особливостей створює унікальне середовище, в якому діє девелопер і яке зумовлює різні підходи, схеми, форми, моделі організації управління девелопментом.

Тому робота, присвячена організації управління проектами девелопменту має велике практичне і теоретичне значення.

Аналіз публікацій за темою дослідження

Загальний погляд на девелопмент, місце і роль девелопера у розвитку територій і перетворенні земель (нерухомості) до нового використання дається у праці [1].

Автори розглядають етапи девелопменту, завдання девелопера і його положення відносно інших учасників і результатів девелопменту, а також професійні компетенції девелопера на етапах створення нерухомості, важливі для девелопменту.

Вказується, девелопер – підприємець, який отримує свій прибуток від створення об'єкта нерухомості (девелопменту); головне завдання девелопера полягає в максимальному підвищенні вартості об'єкта. Вказується також на сферу відповідальності і функції девелопера.

Показано, що ключовим у визначенні поняття є не те, що робить девелопер на всіх етапах створення нерухомості, а його ставлення до результатів проєкту.

До ознак, визначальних для поняття «девелопер» належать: авторство ідеї, концепції, права власності на ділянку, де реалізується проєкт і на об'єкт нерухомості; особиста зацікавленість і відповідальність у досягненні результатів проєкту; організація функціонування; облік, координація і виплати; отримання вигоди від реалізації об'єкта нерухомості.

Але саме організаційне середовище девелопменту в публікації не розглядається.

Підвищенню ефективності концепцій розвитку територій шляхом застосування об'єктивних методів обґрунтування цілей, змісту і меж проєктів девелопменту присвячена праця [2].

Уміння правильно визначати місію, масштаб проєкту, узгодити інтереси девелопера з інтересами майбутніх власників дозволяє досягти максимальної ефективності і результатів. Аналізуються оточення проєкту девелопменту та основні категорії зацікавлених груп осіб і коло їх інтересів, система цілей і пріоритетів для розроблення та оцінювання можливих альтернатив проєкту, пропонується алгоритм дій та інструментарій для обґрунтування змісту і меж проєктів девелопменту територій на основі єдиної системи цілей і пріоритетів. Це дозволяє підвищити ефективність проєктів розвитку і збільшити прибутковість від використання територій.

Свій погляд на створення концепції розвитку дає японська система знань проєктного і програмного управління на основі P2M [3].

Для створення концепції проєктів (програм) розвитку пропонується:

- запрофілювати місію програми (цілі цінності);
- визначити робочі сценарії реалізації місії (архітектура програми);
- оцінити архітектуру програми (багатовекторність елементів, масштабність, комплексність, невизначеність);

– оцінити програму в термінах матриці цінностей.

Цінність програми визначається системою збалансованих показників (5E і 2A).

Індикатори цінності програми вимірюють:

- ефективність досягнення цілей, економічність (додана вартість), екологічність (вплив на навколишнє середовище), етичність; освоєний обсяг; а також сприйнятність суспільством і оцінюваність успіху (цінності для стейкхолдерів, для суспільства і для власника).

Цінність програми девелопменту визначає: цінність унікальних створюваних активів; цінність інновацій; цінність для власників; цінність нематеріальних активів.

У девелопменті нерухомості можуть розглядатися окремо проєкти:

- розроблення концепції забудови;
- ескізні проєкти;
- проєкти будівництва;
- проєкти реконструкції;
- проєкти демонтажу, знесення та утилізації об'єктів старої забудови.

Знесення розглядається як винятковий захід, пов'язаний з містобудівними та іншими об'єктивними обставинами, спрямованими на реновацію та підвищення ефективності використання території.

У праці [6] сформовано системне уявлення про накопичені знання в проєктах демонтажу та знесення будівель та споруд. Розглянуто процеси проєктування етапу виведення з експлуатації в ліквідації будівель та споруд.

Показано, всі наукові роботи в цій галузі можна об'єднати у три напрями:

- проєктування будівель та споруд під розбирання;
- виконання демонтажу (знесення) будівель та споруд;
- утилізація конструкцій будівель та споруд.

Ефективність проєктів розбирання (демонтажу) будівель пов'язують насамперед із моделюванням конструктивних схем будівель, що

забезпечують високий рівень трансформації та деконструкції. При спочатку спроектованих для деконструкції будинках можна успішно відновити набагато більше матеріалів для повторного використання.

У проєктах виконання демонтажу (знесення) будівель і споруд закладають вибір методів, що забезпечують екологічність (вплив на навколишнє середовище) і безпечність (вплив на людей, споруди, засоби виробництва).

Автори праці [4] створили електронну базу виконавчої документації проєктів виконання робіт (ПВР) із числа реалізованих проєктів демонтажу (знесення, руйнування) будівель та споруд.

Визначено найважливіші (ключові) фактори об'єкта та оточення, що зумовлюють вибір технічних рішень демонтажу. На основі груп ключових факторів і частоти (повторюваності)

технічних рішень у проєктах демонтажу (знесенні) об'єктів старої забудови створено систему документування, пошуку за ключовими ознаками принципових схем виконання робіт. Це дозволяє перейти до типізації найбільш повторюваних технологічних рішень [5] та до цифровізації процесу розроблення ПВР.

Використовуючи відцифровану базу типових технічних рішень та цифрові технології систематизації, перегляду (пошуку) та трансферу схем виконання робіт у нові проєкти, можемо суттєво скоротити час розроблення проєктів демонтажу та їх реалізації з мінімальними витратами часу та засобів.

Напрацьовані інструменти і засоби безумовно складають цінність, що привносить проєктна група у своїй діяльності для реалізації проєктів і програм.

Таблиця 1

Предметна галузь девелопменту

Предмет	Питання, що розглядаються
1. Види проєктів девелопменту	- масштабні зміни території - комплексна забудова території - об'єкти житлової, торгівельної та офісної нерухомості
2. Концептуальне проєктування, представлення	- аналіз ідеї - аналіз здійсненості - проєктне, програмне представлення
3. Детальне проєктування	- архітектурне проєктування - технічний проєкт, мережі - робочий проєкт - землевідведення - прок'юремент - фінансова стратегія
4. Будівництво	- виконання, контроль, нагляд - технології - безпека
5. Запуск та експлуатація об'єкта	- випробування, запуск - прийомка і передача на баланс завершеного будівництва - отримання права власності, технічного паспорта - технічна експлуатація
6. Виведення з експлуатації, знесення старої забудови	- технічні рішення, технології - безпека; екологія - утилізація матеріалів і конструкцій
7. Організація управління девелопментом	- організаційні структури - організація роботи проєктних груп - розвиток організаційного середовища - організаційні системи управління

Ще одна галузь девелопменту, яка розглядається у наукових працях, – це

організаційні форми управління проектами. Організація управління девелопментом висвітлена в публікаціях [7–10].

Ці праці розглядають важливі питання взаємовідносин:

- організація середовища проектної команди [7];
- організація підготовки виконання проектів девелопмента [8];
- організаційні форми управління девелопментом у мінливому середовищі [9; 10].

Побудова організаційної структури управління девелоперськими проектами відбувається в ході реалізації двох напрямків діяльності девелопера:

- створення об'єкта девелопменту;
- забезпечення власного економічного розвитку організації, її життєздатності, що залежить від успішності здійснення проектів девелопменту. Результати й ефективність здійснення проектів девелопмента, крім власника, всіх інших виконавців (підрядників) не цікавить. Тому, як правило, на стиках етапів робіт, які виконують різні підрядники, виникає багато питань (технічних, технологічних, організаційних та ін.), котрі повинен вирішувати керівник проекту.

Є також стратегічні цілі, які вирішує проект. Менеджер проекту не в змозі приділяти достатньо уваги стратегічним цілям, задля яких виконується проект, спрямований на розвиток організації. Тут ця роль відводиться вищому керівництву компанії. Щоб скорегувати схему, девелопер створює всередині своєї організації окремі будівельні підрозділи (будівельні управління), яким і надається право Генпідрядника.

Таким чином складається ієрархічна структура управління проектом створення об'єкта нерухомості, яка відповідає умовам їх здійснення. В такому випадку технічні, технологічні питання і проблеми, що виникають, вирішує на своєму рівні будівельне управління. А керівник проекту може сконцентруватися на виконанні загальнопроектних завдань (загальних цілей проекту і ефективності).

Мета роботи: сформувати цілісне уявлення про організацію управління девелопментом.

Об'єкт дослідження: девелоперські компанії.

Предмет: організаційне середовище управління девелопментом.

Для досягнення мети, формування уявлення про організаційні механізми управління девелопментом, необхідно розглянути:

- 1) організацію діяльності груп управління проектами (ГУП) девелопменту;
- 2) організаційні форми управління на фазах життєвого циклу (ЖЦ) проекту девелопменту;
- 3) організацію управління проектом девелопменту на фазі будівництва як найбільш вагомій та схеми організації девелоперських компаній.

Результати дослідження. Розглянемо організацію середовища проектної команди.

Керівництво організації відповідає за створення середовища, що забезпечує успішну реалізацію проекту девелопменту. Воно схвалює і затверджує вимоги до організаційної моделі управління девелопментом.

Управління проектами в різних середовищах

Проектна команда (робоча група) в своїй діяльності спирається на структуру проекту й організаційну схему Управління в компанії.

Керівництво забезпечує ефективну роботу, створюючи відповідне робоче середовище команди (проектної групи). Організаційна схема визначає не тільки структуру команди, а й повноваження та ієрархію взаємовідносин.

План керування робочою групою передбачає відповідне обладнання, програмне забезпечення, комунікаційні технології та системи підтримки. Все це складові робочого середовища.

Матеріали і форми для контролю продукту, що створює проектна команда, можуть значно спростити координацію і контроль якості.

Структуровані файли, стандарти, бази даних, внутрішня інформаційна мережа, процеси аналізу і перегляду, а також конфігурація підтримки формуються на початку стадії виконання і теж є складовими робочого середовища команди.

Коли закінчується стадія планування і починається етап виконання, повинні бути розроблені не тільки процеси, інструменти і напрями комунікації, а й стратегії, канали і форми для інформування кожної зацікавленої сторони проєкту.

Команда складає план проєкту і створює інфраструктуру для його успішного виконання.

Всередині проєктної групи необхідно визначити, як будуть взаємодіяти члени команди: ролі, обов'язки, завдання, повноваження, організаційна схема, що відображує (відбиває) відносини підлеглих.

Методи оцінювання ефективності спільної роботи команди проєкту

Додана вартість дозволяє відслідковувати, що реально зроблено (відбувається) на стадії виконання, а перепланування – коли відхилення і їх

причини виявлені, поверне надійність та передбачуваність плану.

Додана вартість дозволяє виміряти цінність, яку створює команда у процесі дотримання плану виконання проєкту.

Метод доданої вартості – це спосіб оцінити успішність роботи команди по управлінню проєктом девелопменту і ту цінність, яку привносить команда в процесі прискорення плану виконання проєкта.

Коли маємо засоби контролю і оцінювання успішності роботи команди у показниках доданої вартості, то цінністю, яку команда створює для компанії, стають задокументовані (напрацьовані):

- журнали обліку змін;
- звіти про статус проєкту;
- рекомендації із засвоєних уроків;
- карти ризиків і заходи протидії (реакції) на ризик, облік їх впливу і затратності.

Зрілість організаційного середовища управління девелоперськими проєктами

Більш розвинуте середовище команди дозволяє перенести фокус на результати проєкту і скоротити непродуктивні витрати зусиль і ресурсів (табл. 2).

Таблиця 2

Вигоди від налагодженої системи організаційного управління

Результат	Ефективність
Більш швидке завершення	швидше виведений продукт на ринок раніше отримуємо фінансові вигоди
Більш ефективне виконання	більш точне дотримання плану уникнення необов'язкових витрат
Більш точні оцінки витрат ресурсів для завершення проєкту	необхідні ресурси сплановані і доступні продукти і послуги постачаються у встановлені терміни
Зниження частки (скорочення) ризиків	зменшення втрат, відхилень посилення довіри, стабільності, надійності
Скорочення витрат	зниження неефективного витрачання ресурсів більш продуктивне використання наявних ресурсів

Сучасні організації постійно спрямовують свої зусилля на вдосконалення (розвиток) організаційного середовища управління девелопментом і створення умов для успішної реалізації проєктів.

Рольова структура проєктного управління девелоперської компанії (рис.).

Керівник напряму несе особисту відповідальність за стан ввіреної йому частини проєктно-орієнтованого бізнесу.

Для реалізації політики компанії, координування й оперативного управління проєктами девелопменту керівник бізнесу функціонально підпорядкований заступникові виконавчого директора з управління проєктами. Адміністративно він підпорядкований виконавчому директору.

У взаємодії з виконавчим директором визначаються показники вимірювання

ефективності праці проектно-орієнтованих бізнесів.

У взаємодії із заступником виконавчого директора з проектного управління визначаються: організація, методологія, інформаційні технології, структура і функції груп з управління проектами, здійснюється контроль за відповідністю показників успішності управління проектами затвердженій програми діяльності девелоперської компанії.

Керівник проекту несе особисту відповідальність за досягнення цілей проекту у задані терміни з дотриманням вимог до якості і в межах виділеного бюджету. Тобто відповідає за те «що буде зроблено», «коли буде зроблено» і «як буде зроблено».

Для досягнення цілей проекту *керівник проекту* забезпечує ефективну організацію і координацію всіх учасників і процесів управління проектом, а також раціональне використання наданих ресурсів.

Керівник проекту формує групу управління проектом (ГУП), менеджерам якої делегуються права і відповідальність за керівництво проектом у відповідності з професійною спрямованістю їх діяльності в проекті.

Керівник проекту функціонально підпорядковується керівникові напрямку бізнесу. У взаємодії з ним визначаються параметри реалізації проекту: його конфігурація, обмеження, умови, протиризикові дії, мотивація, дії у групі управління проектом, форми і порядок звітності, а також вирішується питання взаємодії з державними і дозвільними установами, також із керівництвом бізнесу.

Керівник проекту підпорядковується директору офісу управління проектами (ОУП). Керівник ОУП у процесі взаємодії вирішує питання організації і контролю за роботою керівника проекту/ під проектом.



Рис. Склад робочої групи управління проектом

Група управління проектами (ГУП) формується з менеджерів підприємств (підрозділів), що входять до структури девелоперської компанії, а також залучаються на аутсорсинг. Менеджери і спеціалісти в групах управління проектами

виконують відповідні ролі. Передбачувана рольова структура ГУП компанії наведена на рисунку.

Організація управління за фазами життєвого циклу (ЖЦ) проекту девелопменту (табл. 3)

Таблиця 3

Організація управління на фазах ЖЦ проекту

Фаза	Результат	Організація	Власник результату	Керівник проекту
Ідея використання ЗД	Придбання ЗД; Експертний висновок	Функціональна	Департамент, відповідальний за розвиток бізнесу	Відсутній
Концепт	Попередній бізнес-план, проєктний аналіз	Матрична; функціональна ¹	Департамент, відповідальний за стратегічне планування	Призначається
Розроблення проекту	Робоча документація, детальний план, договори підряду	Матрична	Інжинірингова служба	Призначений
Реалізація (будівництво)	Акти приймання об'єкта в експлуатацію	Матрична, підпроект ²	Інжинірингова служба	Призначений
Експлуатація	Оренда, продаж	Функціональна	Департамент, відповідальний за розвиток бізнесу	Відсутній

Умовні позначення: ЗД – земельна ділянка; ¹ – проєкти організаційного розвитку; ² – масштабні зміни території; комплексна забудова.

Проєкти девелопменту різні за масштабом, за термінами виконання, за обсягом інвестицій, за типом створюваних продуктів (об'єктів).

Виходячи з цього, в моделі ЖЦ організаційна схема управління проєктом може бути різною на різних фазах і для різних за масштабом проєктів. Кожна фаза проєкту закінчується деяким заздалегідь визначеним результатом (продуктом). Завжди можливо виділити підрозділ, який є основним (відповідальним) за отримання цього проміжного результату (продукту). Такий підрозділ зазвичай називають власником (постачальником) проміжного результату (продукту).

Постачальник проміжного результату (продукту), отриманого на етапах ЖЦ проєкту девелопменту, може відповідати за:

- ідею (етапи: задум, ініціацію);
- концепт (розробку концепції);

– розробку проєкту (етапи: передпроєкт, проєкт, робочий проєкт, планування, закупівлі);

– реалізацію проєкту (будівництво, нагляд);

– експлуатацію об'єкта нерухомості (продаж, оренду, обслуговування, управління нерухомістю).

Ресурсами керівників проєкту на всіх етапах є: керівники компанії; керівники департаментів; працівники департаментів.

На стику фаз проєкту проводиться засідання робочої групи, на якому приймається рішення про перехід до наступної фази. Керівник проєкту може призначитися за рішенням вищого керівництва при переході до фази розроблення проєкту.

У випадку, якщо на фазі «розроблення концепції» проводяться роботи за планом проєкту, керівник ОУП офісу може ініціювати перед вищим керівництвом питання про призначення керівника проєкту

до затвердження фази розроблення концепції.

Відповідальність за проект покладається на проектного менеджера. При цьому керівник відділу розроблення концепції автоматично входить до групи УП на роль менеджера з ініціювання проекту, планування попереднього бізнес-плану.

Організація управління девелопментом на етапі будівництва (табл. 4)


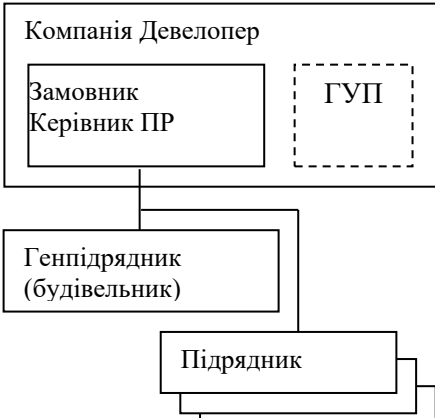
У світовій практиці девелопменту на етапі будівництва проектом керує Керівник проекту, який може знаходитися: у інвестора; у замовника; у підрядника, або

бути представником інжинірингової компанії та залучатися на аутсорсинг.

У вітчизняній практиці девелопменту частіше за все, так склалося, використовується схема управління, під час якої керівником проекту стає представник девелопера. В цьому випадку керівник проекту відповідає за координацію і управління здійсненням розробки і реалізації проекту. Переваги такого підходу – безпосередня участь девелопера в ході розроблення і контролю за проектом. Недолік – відірваність від підрядника, який виконує роботи з будівництва.

Таблиця 4

Схеми керування будівництвом

Проектом керує	Схеми керування будівництвом	Ролі, підпорядкованість
1	2	3
<p>1. Керівник проекту працівник ОУП</p> <p>Цінність, що створює ГУП і організаційне середовище, є досягненням Замовника</p>		<p>КП проекту – керувати усіма виконавцями. Тому генпідрядник стає номінальним, виконує всі необхідні за ДБН роботи, за винятком керівництва субпідрядниками. Договори субпідряду укладає Замовник. Роботою субпідряду керує безпосередньо проектний менеджер. Для формального окреслення сфери субпідрядників формуються лоти (пакети) робіт, за якими виконується тендер на підбір підрядника. Це може бути підземна частина, мережі, загальнобудівельні роботи та ін.</p>
<p>2. Керує проектом директор підприємства – Замовника</p> <p>Цінність, що створює ГУП і організаційне середовище, є досягненням Девелопера</p>		<p>Він призначається на роль керівника проекту і функціонально підпорядковується керівникові напряму і директору центру управління проектами (ЦУП). Група управління проектом (ГУП) формується із працівників компанії девелопера, або залучають на аутсорсинг. Все інше залишається у відповідності зі схемою.</p>

<p>3. Керує проектом (будівництвом) Генеральний підрядник</p> <p>Цінність, що створює ГУП і організаційне середовище дістає підрядник</p>		<p>Залучається Генпідрядник на умовах професійного управління проектом будівництва. Девелопер допомагає йому запровадити методологію, організацію, інформаційну технологію, прийняту в цій компанії. Девелопер у цьому випадку отримує всю необхідну інформацію від генпідрядника (ГУП генпідрядника) і контролює його роботу. При ньому менеджер девелопера, що на попередніх фазах виконував роль керівника проекту, стає координатором (Директором) проекту. Схема може мати дві реалізації. Директор проекту підприємства Замовника. І друга – директор є працівником ОУП.</p>
<p>4. Генпідрядник (будівельник) є власною компанією Замовника</p> <p>Цінність, що створює ГУП, і інфраструктура середовища, залишаються компанії Девелопера</p>		<p>Генпідрядник виконує функції з обслуговування будмайданчика, а також дії, пов'язані з легалізацією проекту і об'єкта будівництва. Всі інші дії виконує Девелопер.</p>

Коли генпідрядник (будівельник) є власним структурним підрозділом компанії девелопера, всі технічні, технологічні і ресурсні питання вирішуються з більшим порозумінням і зацікавленістю.

Висновок

Сформовано системне уявлення про організацію управління проектами девелопменту. Показано, в моделі життєвого циклу (ЖЦ) управління організація проекту може бути різною, як на окремих фазах ЖЦ,

так і для різних за концепцією і призначенням проектів.

Проаналізовано можливі форми організації проектів девелопменту і елементи організаційного середовища компанії. Показано їх переваги і недоліки. Зазначено, що розвиток організаційного середовища безумовно становить цінність, яку девелопер додатково отримує разом із створенням нових матеріальних активів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоконь А. І., Кислиця Л. В., Наумов В. О. Девелопер – визначальні критерії та його місце у бізнесі. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2022. № 4 (99). 71 с. URL: [doi: 0.30838/J.PMNTM.2413.271222.7.906](https://doi.org/10.30838/J.PMNTM.2413.271222.7.906)
2. Білоконь А. І., Ковтун-Горбачова Т. А. Обґрунтування змісту і меж проектів девелопмент на основі єдиної системи цілей. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 3 (003). С. 27–38.

3. Ярошенко Ф. А., Бушуєв С. Д., Танака Х. Управління інноваційними проектами і програмами на основі системи знань Р2М. Київ, 2011. 268 с.
4. Білоконь А. І., Несеоря П. І., Наумов В. О. Систематизація і типізація проектних рішень знесення та демонтажу будівель і споруд. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2022. № 4 (99). 71 с. URL: [doi: 10.30838/J.PMHTM.2413.271222.18.907](https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.271222.18.907).
5. Наумов В. О., Поваляєв І. С., Білоконь А. І., Несеоря П. І. Альбом технічних рішень : принципи технічних рішень при виконанні демонтажу будівель і споруд. Дніпро: ПДАБА, ТОВ ВК «ОЛВІЯ», 2023. 28 с.
6. Білоконь А. І., Несеоря П. І., Наумов В. О. Предметна галузь демонтажу будівель і споруд і передумови подальших досліджень. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. Вип. 1. С. 21–30.
7. Кук С. Хелен, Тейт Карен. Управление проектами. Пер. с англ. М. Павловой. Москва : Поколение, 2007. 432 с.
8. Білоконь А. І. 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.
9. Мгбере Ч. О., Бушуєв С. Д. 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.
10. Мгбере Чинви Обари. Мобільні системи управління девелоперськими проектами. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2010. № 3/5 (45). С. 56–60. URL : <https://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2010.2835>

REFERENCES

1. Bilokon A.I., Kyslytsia L.V. and Naumov V.O. *Developer – vyznachal'ni kryteriyi ta yoho mistse u biznesi* [Developer – defining criteria and its place in business]. *Metaloznnavstvo ta termichna obrobka metaliv* [Metallurgy and Heat Treatment of Metals]. 2022, no. 4 (99), 71 p. URL: [doi: 10.30838/J.PMHTM.2413.271222.7.906](https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.271222.7.906) (in Ukrainian).
2. Bilokon A.I. and Kovtun-Gorbachova T.A. *Obgruntuvannya zmistu i mezh proyektiv development na osnovi yedynoyi systemy tsiley* [Justification of the content and limits of development projects based on a unified system of goals]. *Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2021, no. 3 (003), pp. 27–38. (in Ukrainian).
3. Yaroshenko F.A., Bushuev S.D. and Tanaka H. *Upravlinnya innovatsiynymi proyektamy i prohramamy na osnovi systemy znan' R2M* [Management of innovative projects and programs based on the P2M knowledge system]. Kyiv, 2011, 268 p. (in Ukrainian).
4. Bilokon A.I., Nesevrya P.I. and Naumov V.O. *Systematyzatsiya i typizatsiya proyektnykh rishen' znesennya ta demontazhu budivel' i sporud* [Systematization and typification of project solutions for demolition and dismantling of buildings and structures]. *Metaloznnavstvo ta termichna obrobka metaliv* [Metallurgy and Heat Treatment of Metals]. 2022, no. 4 (99), 71 p. URL: [doi: 10.30838/J.PMHTM.2413.271222.18.907](https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.271222.18.907). (in Ukrainian).
5. Naumov V.O., Povalyaev I.S., Bilokon A.I. and Nesevrya P.I. *Al'bom tekhnichnykh rishen': pryntsyypovi tekhnichni rishennya pry vykonanni demontazhu budivel' i sporud* [Album of technical solutions : basic technical solutions when dismantling buildings and structures]. Dnipro: PDABA, LLC VK “OLVIYA”, 2023, 28 p. (in Ukrainian).
6. Bilokon A.I., Nesevrya P.I. and Naumov V.O. *Predmetna haluz' demontazhu budivel' i sporud i peredumovy podal'shykh doslidzhen'* [Subject branch of dismantling buildings and structures and prerequisites for further research]. *Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2022, vol. 1, pp. 21–30. 9in Ukrainian).
7. Cook S. Helen, Tate Karen. Project Management. Trans. with English M. Pavlova. Moscow : Pokolenie Publ., 2007, 432 p. (in Russian).
8. Bilokon A.I. *Orhanizatsiyni aspekty pidhotovky ta realizatsiyi proyektiv developmentu* [Organizational aspects of preparation and implementation of development projects]. *Upravlinnya proyektamy ta rozvytok vyrobnytstva : zb. nauk. pr.* [Project Management and Production Development: coll. of science works]. Eastern Ukraine National University named after V. Dahl, 2008, no. 2 (26), pp. 50–56. (in Ukrainian).
9. Mgbere C.O. and Bushuev S.D. *Organizatsionnyye formy upravleniya developerskimi proektami v dinamicheskoy okruzhennii* [Organizational forms of management of development projects in a dynamic environment]. *Upravlinnya proyektamy ta rozvytok vyrobnytstva : zb. nauk. pr.* [Project Management and Development of Production: Coll. of science works]. Eastern Ukraine National University named after V. Dahl, 2010, no. 9 (33), pp. 5–13. (in Ukrainian).
10. Mgbere Chinvy Obari. *Mobil'ni systemy upravlinnya developers'kymy proyektamy* [Mobile development project management systems]. [Eastern European Journal of Advanced Technologies]. 2010, no. 3/5 (45), pp. 56–60. URL : <https://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2010.2835> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 28.02.2024.

УДК 519.6:331.45:622.235

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.56.1023

ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ УРАЖЕННЯ У ВИПАДКУ МЕТАЛЬНОЇ ДІЇ УЛАМКІВ

БІЛЯЄВ М. М.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
КАЛАШНІКОВ І. В.², *докт. техн. наук, проф.*,
БЕРЛОВ О. В.^{3*}, *канд. техн. наук, доц.*,
КОЗАЧИНА В. А.⁴, *канд. техн. наук, доц.*,
ТИМОШЕНКО О. А.⁵, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра гідравліки, водопостачання та фізики, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-09, e-mail: biliaiev.m@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

² Харківське відділення філії «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» акціонерного товариства «Українська залізниця», вул. Котляра, 7, 61052, Харків, Україна, тел. +38 (057) 724-41-25, e-mail: uzp38@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2814-380X

^{3*} Кафедра охорони праці, цивільної та промислової безпеки, Український державний університет науки і технологій, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 247-16-01, e-mail: berlov.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-7442-0548

⁴ Кафедра гідравліки, водопостачання та фізики, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 273-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6894-5532

⁵ Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, Український державний університет науки і технологій, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 452-43-63, e-mail: tymoshenko.olena@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3114-9820

Анотація. Постановка проблеми. Розглядається задача оцінювання ризику ураження нафтоховища уламками у разі вибуху дрона. Здійснюється аналіз величини швидкості руху уламка та ефективності використання захисної перешкоди для зупинення руху уламка в напрямі нафтоховища. **Мета роботи** – оцінення ризику ураження стінки нафтоховища та ефективності використання захисної перешкоди від металльної дії уламків від вибуху дрона. **Методика.** Для аналізу ризику ураження нафтоховища при розльоті уламків дрона використовується чисельна модель, що базується на інтегруванні рівняння руху матеріальної точки та емпіричної моделі, що дозволяє визначити швидкість уламка після проходження тіла захисної перешкоди. Побудована чисельна модель враховує початкову швидкість уламка, розмір уламка, напрям руху уламка, висоту викиду уламка. На базі даної чисельної моделі створено комп'ютерний код для проведення обчислювального експерименту. **Наукова новизна.** Розроблено ефективну математичну модель для аналізу ризику ураження нафтоховища від металльної дії уламків, що утворюються від вибуху дрона. Модель дозволяє визначити ефективність використання перешкоди для захисту нафтоховища від металльної дії уламків. **Практична значущість.** Розроблено комп'ютерний код для розрахунку динаміки руху уламків у повітрі, що утворюються від вибуху дрона. Використання цього коду дозволяє підібрати раціональні розміри захисної перешкоди на промисловому майданчику для захисту нафтоховища від ураження. **Висновки.** Розроблено ефективний інструмент аналізу ризику ураження нафтоховища від металльної дії уламків, що утворюються від вибуху дрона. Наведено результати обчислювальних експериментів.

Ключові слова: розліт уламків; ризик ураження; динаміка руху уламка; захисна перешкода; чисельне моделювання

REDUCTION OF THE RISK OF DAMAGE AT PROJECTILE DEBRIS PROJECTILE EFFECT

BILIAIEV M.M.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KALASHNIKOV I.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
BERLOV O.V.^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
KOZACHYNA V.A.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
TYMOSHENKO O.A.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Hydraulics, Water Supply and Physics, Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (056) 373-15-09, e-mail: biliaiev.m@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

² Kharkiv Branch Office “Design and Research Institute of Railway Transport” of the Public Joint Stock Company “Ukrainian Railway”, 7, Kotliar St., Kharkiv, 61052, Ukraine, tel.: +38 (057) 724-41-25, e-mail: uzp38@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2814-380X

^{3*} Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (056) 756-34-57, e-mail: berlov.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-7442-0548

⁴ Department of Hydraulics, Water Supply and Physics, Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazaryan St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (056) 273-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6894-5532

⁵ Department of Ecology and Environmental Protection, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (050) 452-43-63, e-mail: tymoshenko.olena@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3114-9820

Abstract. Problem statement. The task of assessing the risk of damage to an oil storage facility by debris in the event of a drone explosion is considered. An analysis of the debris movement velocity and the effectiveness of the use of a protective barrier to stop the debris movement in the direction of the oil storage facility is carried out. **The purpose of the article.** Assessment of the risk of damage to the oil storage wall and the effectiveness of the use of a protective barrier against the throwing action of debris during a drone explosion. **Methodology.** A numerical model based on the integration of the equation of a material point motion and an empirical model is used to analyze the risk of damage to an oil storage facility when the debris of a drone flies off. The developed numerical model takes into account the initial velocity and size of the debris, the direction of the debris movement, and the height of the debris ejection. On the basis of this numerical model, a computer code was created for conducting a computational experiment. **Scientific novelty.** An effective mathematical model is developed for analyzing the risk of damage to an oil storage facility from the throwing action of debris generated by a drone explosion. The model makes it possible to determine the effectiveness of using an obstacle to protect an oil storage facility from the throwing action of debris. **Practical value.** A computer code is developed for calculating the dynamics of the debris movement in the air, which are formed during the explosion of a drone. The use of this code makes it possible to select the rational dimensions of the protective barrier at the industrial site to protect the oil storage from damage. **Conclusions.** An effective tool for analyzing the risk of damage to an oil storage facility from the throwing action of debris created by a drone explosion is developed. The results of computational experiments are presented.

Keywords: *flying debris; risk of damage; dynamics of the debris movement; protective barrier; numerical modeling*

Постановка проблеми. Екстремальні ситуації на території промислових об'єктів створюють загрозу життю робітників та мають значний негативний вплив на довкілля. За екстремальних ситуацій на промислових майданчиках можлива поява різних вражаючих факторів, наприклад, поява в повітрі токсичних речовин, утворення вогняної кулі тощо [1; 2; 5; 9]. У випадку вибухів на промисловому майданчику має місце розліт уламків, які створюють ризик ураження персоналу та об'єктів внаслідок руху уламків зі значною швидкістю. Особливу увагу привертають проблеми, пов'язані з розльотом уламків при атаках дронів. Якщо така екстремальна ситуація виникає на промисловому майданчику, де розташовані сховища нафтопродуктів, уламки, що утворилися від вибуху, можуть пошкодити корпус нафтоосховища. Це спричинить вилиття продуктів, пожежу, викид в атмосферне повітря її продуктів та теплове забруднення довкілля. Отож, дуже важливо розробляти засоби захисту нафтоосховищ від уламків

через вибухи дронів. Це дає підставу для проведення наукових досліджень з метою удосконалення систем захисту нафтоосховищ на промислових майданчиках у разі вибухів дронів.

Мета статті – оцінення ефективності використання захисних перешкод для зниження ризику ураження нафтоосховища уламками дрона.

Методика. Розглядається ситуація розльоту уламків від вибуху дрона на промисловому майданчику, де розташовані нафтоосховища. Для захисту корпусу нафтоосховища від металевих уламків пропонується металева пластина як перешкода. Ставиться задача розроблення математичної моделі руху уламка на шляху якого розташована перешкода.

Уламки, що утворюються від вибуху дрона, мають різну геометричну форму, масу, швидкість руху.

Крім цього, уламки можуть утворюватися на різній висоті та рухатися під різним кутом до об'єкта, який потрібно захистити (далі – об'єкт). Для побудови

математичної моделі руху уламка та взаємодії його з корпусом захисної перешкоди робимо такі припущення :

1) уламок має форму кулі; радіус R цієї приведенної кулі визначаємо знаючи об'єм уламка W ;

2) маса уламка – відома;

3) швидкість та напрям руху уламка від точки вибуху – відомі;

4) відома довжина від місця розльоту уламків до перешкоди та об'єкта;

5) кут α вильоту уламка відносно поверхні землі – відомий;

6) відома щільність ρ_{cm} матеріалу захисної перешкоди.

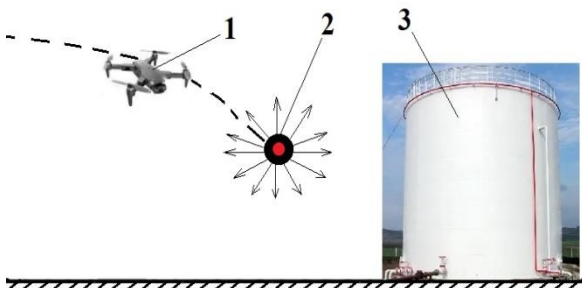


Рис. 1. Схема вибуху дрона біля нафтохранилища:
1 – дрон; 2 – місце вибуху;
3 – нафтохранилище (об'єкт)

Траєкторію руху уламка від місця вибуху до об'єкта розбиваємо на три частини :

1. Зона № 1 – від місця вибуху до перешкоди.

2. Зона № 2 – рух уламка всередині захисної перешкоди.

3. Зона № 3 – рух уламка від захисної перешкоди до об'єкта (якщо уламок пройде зону № 2).

Динаміку руху уламка в першій та третій зоні будемо описувати за допомогою другого закону Ньютона :

$$m \frac{dV}{dt} = -F_R - F_g, \quad (1)$$

де m – маса уламка; V – вектор швидкості руху уламка в середовищі; $F_g = mg$ – сила тяжіння; $F_R = C_x \frac{\rho_6 V^2}{2} \cdot S$ – сила опору уламка; C_x – коефіцієнт опору уламка; ρ_6 –

щільність середовища; S – площа мідельового перерізу уламка; t – час.

Зазначимо, що якщо уламок має об'єм W , радіус приведенної кулі визначається так:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3W}{4\pi}}.$$

Тоді площа мідельового перерізу уламка буде:

$$S = \frac{\pi d^2}{4},$$

де $d = 2R$.

Для практичного використання рівняння (1) напишемо його в проекції на осі координат для кожної зони:

$$m \frac{du}{dt} = -C_x \frac{\rho_6 V^2}{2} \cdot S \cdot u, \quad (2)$$

$$m \frac{dv}{dt} = -C_x \frac{\rho_6 V^2}{2} \cdot S \cdot v - mg, \quad (3)$$

де u , v – проекції вектора швидкості руху уламка на осі координат. Зазначимо, що вісь Y направлена вертикально вгору, а вісь X – в напрямку горизонтального руху уламка.

Далі здійснюється чисельне інтегрування рівнянь (2), (3) для визначення швидкості руху уламка в першій та третій зонах.

Розглянемо зараз другу зону, де має місце взаємодія уламка з перешкодою. Перешкода – це металева пластина. Товщина перешкоди, за якої уламок повністю втрачає швидкість визначається на базі емпіричної моделі (К. Е. Кочетков, В. А. Котляревський, А. В. Забегаєв):

$$h_* = \frac{0.138 \cdot d_1 \cdot \rho_1 \cdot V}{\sqrt{\sigma_2 \cdot \rho_2}}, \quad (4)$$

де d_1 – діаметр уламка; ρ_1 – щільність матеріалу уламка; V – швидкість руху уламка; σ_2 – динамічна межа текучості матеріалу перешкоди; ρ_2 – щільність матеріалу перешкоди.

Якщо товщина перешкоди h_2 буде меншою ніж h_* , швидкість уламка на виході з перешкоди (заперешкодна швидкість) визначається так :

$$V_\lambda = V \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_*}\right). \quad (5)$$

Якщо виникне така ситуація, далі приймається, що з даною швидкістю уламок починає рухатися від захисної перешкоди в напрямку нафтоховища.

Відносно взаємодії уламка та стінки нафтоховища міркуватимо так. Нехай в момент часу t_w^n , коли уламок «зустріне» стінку об'єкта, швидкість руху уламка дорівнює V_w . Далі приймаємо, що за певний проміжок часу dt , коли має місце взаємодія уламка та стінки об'єкта, швидкість уламку зменшиться до нуля. На ділянку стінки об'єкта, де є взаємодія з уламком, буде діяти сила F_w . Величина цієї сили залежить від зміни «кількості руху» уламка за проміжок часу dt . Це визначається згідно з другим законом Ньютона так:

$$F_w dt = d(mV)$$

або

$$F_w = \frac{d(mV)}{dt}.$$

З урахуванням того, що кінцева швидкість уламка дорівнює нулю, маємо:

$$F_w = \frac{mV_w}{dt}. \quad (6)$$

У прийнятій моделі ця сила прикладена до частини поверхні стінки об'єкта, яка має площу S , тоді уламок при взаємодії зі стінкою створює тиск :

$$p_w = \frac{F_w}{S}. \quad (7)$$

Якщо межа міцності матеріалу стінки об'єкта дорівнює σ , можна записати умову руйнування стінки :

$$p_w \geq \sigma. \quad (8)$$

Безумовно, розглянутий метод визначення тиску, за якого станеться руйнування матеріалу стінки об'єкта, є наближеним. По-перше, площа «взаємодії» уламка та стінки об'єкта може бути значно менша S , тому що уламок має складну геометричну форму та гострі кути. По-друге, потрібно коректно визначати проміжок часу dt (цей час залежить від низки факторів, у першу чергу, властивості матеріалу стінки, уламка тощо).

Чисельне рішення. Розв'язання рівнянь (2), (3) для першої та третьої зон здійснюються чисельним шляхом за допомогою методу Ейлера [7]. Значення компонент швидкості руху уламка u , v на новому часовому шарі « $n+1$ » обчислюється на базі таких залежностей :

$$u^{n+1} = u^n - dt * C_x \frac{\rho_6 V^2}{2m} \cdot S \cdot u, \quad (9)$$

$$v^{n+1} = v^n - dt * C_x \frac{\rho_6 V^2}{2m} \cdot S \cdot v - dt * g \quad (10)$$

Для проведення розрахунку на базі залежностей (9) та (10) потрібно задати кут α вильоту уламка.

Дальність $x(t)$ відльоту уламка від місця вибуху визначається так :

$$x(t) = x_0 - dt \cdot V,$$

де x_0 – координата місця відльоту уламка.

Здійснено програмування чисельної моделі та створено код «Dron». Мова програмування – FORTRAN.

Результати. На базі побудованої чисельної моделі та створеного коду проведено параметричні дослідження з визначення ефективності металеві перешкоди для захисту корпусу нафтоховища від дії уламків (рис. 2).

Розрахунок здійснено за такими даними: коефіцієнт опору уламку 0,47; висота викиду уламка 2 м, зведений діаметр уламка 0,02 м; $\sigma_2 = 4.7 \cdot 10^8$ Па; $\rho_1 = 7\ 800$ кг/м³ – щільність матеріалу уламку; $\rho_2 = 7\ 800$ кг/м³ – щільність матеріалу перешкоди. Як перше наближення будемо розглядати випадок,

коли уламок після вибуху рухається горизонтально в напрямку об'єкта ($\alpha = 0$).

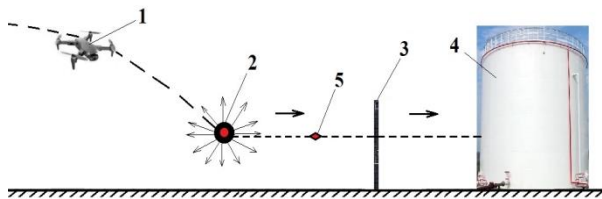


Рис. 2. Розташування габіона на промисловому майданчику: 1 – дрон; 2 – місце вибуху; 3 – захисна перешкода; 4 – нафтосховище; 5 – уламок

Початкова швидкість V_0 сталого уламка після вибуху та товщина перешкоди варіювалися. Рух уламка – горизонтальний від точки вибуху в напрямку захисної перешкоди та нафтосховища. Розрахункова схема задачі показана на рисунку 2. Вибух має місце на відстані 50 м від нафтосховища, захисна перешкода (сталений лист) розташована на відстані 10 м від нафтосховища.

На рисунку 3 показано величину швидкості V_2 уламка біля стінки нафтосховища коли захисною перешкодою слугував сталевий лист товщиною 1 мм.

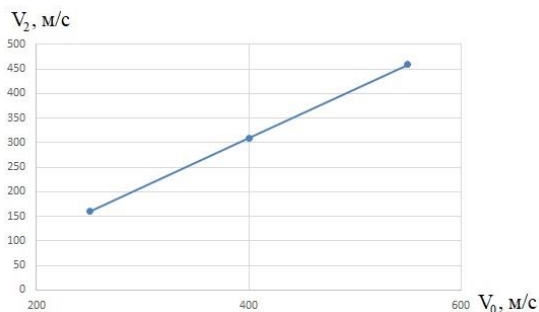


Рис. 3. Швидкість V_2 , з якою уламок стикається зі стінкою нафтосховища залежно від початкової швидкості V_0 уламка (за наявності захисної перешкоди)

Як бачимо з рисунку 3, сталевий лист вибраної товщини не забезпечує зупинку уламка, тобто уламок «проходить» цю перешкоду та продовжує рухатися до нафтосховища. Швидкість уламка V_2 біля стінки нафтосховища дуже велика, що неминуче викличе негативні наслідки.

На рисунку 4 показано мінімальне значення товщини захисної перешкоди для різних значень початкової швидкості руху уламка та при його діаметрі 0,03 м.

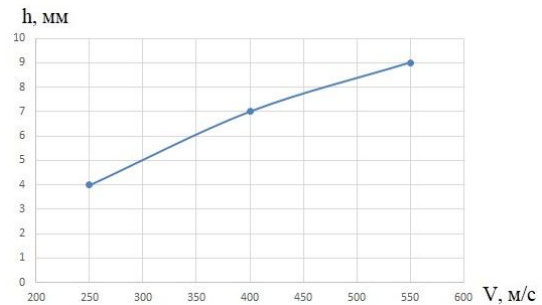


Рис. 4. Показано мінімальне значення товщини захисної перешкоди за різної швидкості уламка

Аналіз даних, наведених на рисунку 4 показує, що в рамках розглянутого діапазону початкової швидкості уламка та його розмірів, захисна металева перешкода, яка має товщину 1 мм, не забезпечує захисту нафтосховища від ураження.

Зазначимо, що час розрахунку складає 0,5 секунди.

Наукова новизна та практична цінність. Розроблено ефективну математичну модель для оцінювання ефективності використання перешкоди для захисту корпусу нафтосховища від ураження уламками дрона. Побудована математична модель базується на чисельному інтегруванні рівняння нестационарного руху матеріальної точки в повітряному просторі та використанні емпіричної моделі для визначення заперешкодної швидкості уламка.

Запропонована модель дозволяє визначати ризик пошкодження стінки нафтосховища за обраній ширині захисної перешкоди.

Висновки

1. Створено багатопараметричну математичну модель руху уламка в повітряному середовищі та в «тілі» металевої перешкоди. Модель базується на використанні другого закону Ньютона та емпіричної моделі.

2. На базі побудованої математичної моделі створено комп'ютерний код для проведення обчислювального експерименту з метою визначення ефективності використання захисних перешкод на території промислового майданчика.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Басманов А. Е., Говаленков С. С. Оценка концентрации опасных химических веществ в воздухе при непрерывной активности источника. *Проблемы надзвичайних ситуацій*. 2010. Вип. 12. С. 21–27.
2. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. 273 с.
3. Біляєв М. М., Берлов О. В., Біляєва В. В., Чередниченко Л. А. Оцінка ризику термічного ураження у випадку аварійного горіння. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 6. С. 54–60.
4. Біляєв М. М., Біляєва В. В., Берлов О. В., Козачина В. А. CFD-моделювання в аналізі ефективності систем захисту докільця та працівників на робочих місцях: монографія. Дніпро : Журфонд, 2022. 268 с.
5. Бруацкий Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов. Київ : Ін-т гідромеханіки НАН України, 2000. 443 с.
6. Пшинько А. Н., Беляев Н. Н., Машихина П. Б. Моделирование загрязнения атмосферы при техногенных авариях. Днепропетровск : Нова ідеологія, 2011. 166 с.
7. Самарский А. А. Теория разностных схем. Москва : Наука, 1983. 616 с.
8. 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.
9. Anthony Michael Barret. Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense : Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectivness. Dissertation. Pittsburg, Pennsylvania, USA, 2009. 123 p.
10. Biliaiev M. Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography. *Air Pollution Modeling and its Application XXI (Springer)*. 2012. Pp. 87–91.
11. Ilic P., Ilic S., Stojanovic Bjelic L. Hazard modelling of accidental release chlorine gas using modern tool – ALOHA Software. *Quality of Life*. Vol. 9. 2018. Pp. 38–45.

REFERENCES

1. Basmanov A.E. and Govalenkov S.S. *Ocenka koncentraciji opasnux xymycheskyx veshhestv v vozduxe pry nepreruvnoj aktyvnosti istochnyka* [Estimation of the concentration of hazardous chemicals in the air with continuous source activity]. *Problemy nadzvyhajnyx situacij* [Problems of Emergency Situations]. 2010, vol. 12, pp. 21–27. (in Russian).
2. Berlyand M.E. *Prognoz i regulirovanie zagryazneniya atmosfery* [Forecasting and regulation of atmospheric pollution]. Leningrad : Gidrometeoizdat Publ., 1985, 273 p. (in Russian).
3. Biliaiev M.M., Berlov O.V., Biliaieva V.V. and Cherednichenko L.A. *Ocinka ryzyku termichnogo urazhennya u vypadku avarijnogo gorinnya* [Assessment of the risk of thermal injury in case of accidental burning]. *Visnyk Prydniprovkoyi derzhavnoyi akademiyi budivnyctva ta arxitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2020, vol. 6, pp. 54–60. (in Ukrainian).
4. Biliaiev M.M., Biliaieva V.V., Berlov O.V. and Kozachyna V.A. *CFD-modelyuvannya v analizi efektyvnosti system zahystu dokilllya ta pracivnykiv na robochyx misyax : monografiya* [CFD modeling in the analysis of the effectiveness of environmental protection systems and workers at workplaces : monograph]. Dnipro : Zhurfond Publ., 2022, 443 p. (in Ukrainian).
5. Bruyaczkyj E.V. *Teoriya atmosfernoj diffuzii radioaktivnyh vubrosov* [Theory of atmospheric diffusion of radioactive emissions]. Kyiv : Institute of Hydromechanics NAS of Ukraine, 2002, 443 p. (in Russian).
6. Pshinko A.N., Belyayev N.N. and Mashihina P.B. *Modelirovanie zagryazneniya atmosfery pri tekhnogennyh avariayah : monografiya* [Modeling of atmospheric pollution during technogenic accidents : monograph]. Dnipropetrovsk : Nova Ideologiya Publ., 2011, 166 p. (in Russian).
7. Samarskiy A.A. *Teoriya raznostnykh skhem* [The theory of difference schemes]. Moscow : Nauka Publ., 1983, 616 p. (in Russian).
8. Zgurovskii M.Z., Skopetskii V.V., Khrutch V.K. and Biliaiev M.M. *Chislennoe modelirovanie rasprostraneniya zagryazneniya v okruzhayushey srede* [Numerical simulation of the spread of pollution in the environment]. Kyiv : Naukova Dumka, 1997, 368 p. (in Russian).
9. Anthony M.B. *Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense: Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectivness*. Dissertation. Pittsburg, Pennsylvania, USA, 2009, 123 p.
10. Biliaiev M. *Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography*. *Air Pollution Modeling and its Application XXI (Springer)*, 2012, pp. 87–91.
11. Ilic P., Ilic S., Stojanovic Bjelic L. *Hazard modelling of accidental release chlorine gas using modern tool – ALOHA Software*. *Quality of Life*. 2018, vol. 9, pp. 38–45.

Надійшла до редакції: 20.02.2024.

УДК 519.6:628.33

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.62.1024

МОДЕЛЮВАННЯ МАСОПЕРЕНОСУ У СПОРУДАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

БІЛЯЄВ М. М.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
КОВАЛЕНКО А. С.², *аспір.*,
ПОБЕДЬОННИЙ Р. П.³, *аспір.*,
ЧИРВА М. В.⁴, *аспір.*

^{1*} Кафедра гідравліки, водопостачання та фізики, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-09, e-mail: biliaiev.m@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

² Кафедра гідравліки, водопостачання та фізики, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID 0009-0009-9761-4300

³ Кафедра гідравліки, водопостачання та фізики, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID 0009-0009-6551-1630

⁴ Кафедра гідравліки, водопостачання та фізики, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-1416-9482

Анотація. *Постановка проблеми.* Проектування систем очищення стічних вод – складний процес, що потребує використання спеціальних математичних моделей. Як правило, на етапі проектування споруд систем водовідведення використовуються емпіричні моделі, що дозволяють отримати лише «інтегральну» характеристику ефективності очищення стічних вод. Але в низці випадків важливо мати інформацію щодо просторового розподілу концентрації домішки в споруді. Для розв'язання даної задачі потрібно мати тривимірні математичні моделі. Наразі існує дефіцит таких моделей, тому створення тривимірних багатофакторних моделей для аналізу ефективності споруд систем водовідведення бачиться актуальним. **Мета роботи** – розроблення тривимірної чисельної моделі для аналізу процесу масопереносу для визначення концентрації домішки у відстійнику. **Методика.** Аналіз концентраційних полів домішки у відстійнику здійснюється шляхом чисельного інтегрування тривимірного рівняння для потенціалу швидкості та тривимірного рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки. Для чисельного інтегрування рівняння Лапласа для потенціалу швидкості застосовується змінно-трикутний метод та метод Лібмана. Для чисельного інтегрування тривимірного рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки використовуються скінченорізницькі схеми розщеплення. **Наукова новизна.** Створено динамічну багатофакторну чисельна модель для аналізу процесу масопереносу домішки у відстійнику шляхом обчислювального експерименту. **Практична значущість.** Побудована багатофакторна чисельна модель дає можливість аналізувати ефективність очищення стічних вод у відстійниках, що мають складну геометричну форму та не можуть бути розраховані на базі існуючих інженерних методик. **Висновки.** На базі розробленої тривимірної чисельної моделі створено комп'ютерний код, що дозволяє оперативнo отримати інформацію про розподіл концентрації домішки у відстійнику.

Ключові слова: *стічні води; відстійник; чисельне моделювання; масоперенос; обчислювальний експеримент*

MODELLING OF MASS TRANSFER IN WASTEWATER FACILITIES

BILIAIEV M.M.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KOVALENKO A.S.², *Postgrad. Stud.*,
POBIEDONNYI R.P.³, *Postgrad. Stud.*,
CHYRVA M.V.⁴, *Postgrad. Stud.*

^{1*} Department of Hydraulics, Water Supply and Physics, Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (056) 373-15-09, e-mail: biliaiev.m@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

² Department of Hydraulics, Water Supply and Physics, Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (056) 373 15 09, e-mail water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-9761-4300

³ Department of Hydraulics, Water Supply and Physics, Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (056) 373 15 09, e-mail water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-6551-1630

⁴ Department of Hydraulics, Water Supply and Physics, Ukrainian State University of Science and Technologies, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (056) 373-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-1416-9482

Abstract. Problem statement. The design of wastewater treatment systems is a complex process and requires the use of special mathematical models. As a rule, empirical models are used at the stage of designing structures of water drainage systems, which allow obtaining only an “integral” characteristic of the efficiency of wastewater treatment. But in a number of cases, it is important to have information about the spatial distribution of the impurity concentration in the structure. To solve this problem, you need to have three-dimensional mathematical models. In the future, there is a shortage of such models, so the creation of three-dimensional multifactorial models for the analysis of the efficiency of drainage system structures is an urgent task. **The purpose of the article.** Development of a three-dimensional numerical model for the analysis of the mass transfer process to determine the impurity concentration in the clarifier. **Methodology.** The analysis of impurity concentration fields in the clarifier is carried out by numerical integration of the three-dimensional equation for the velocity potential and the three-dimensional equation of the convective-diffusion transport of the impurity. For the numerical integration of the Laplace equation for the velocity potential, the variable-triangular method and the Liebmann method are used. Finite-difference splitting schemes are used for numerical integration of the three-dimensional equation of convective-diffusion transport of impurities. **Scientific novelty.** A dynamic multifactorial numerical model was created for the analysis of the process of mass transfer of impurities in a settling tank by conducting a computational experiment. **Practical value.** The built multifactorial numerical model makes it possible to analyze the efficiency of wastewater treatment in clarifiers that have a complex geometric shape and cannot be calculated on the basis of existing engineering methods. **Conclusions.** On the basis of the developed three-dimensional numerical model, a computer code was created, which allows you to quickly obtain information about the distribution of the impurity concentration in the settling tank.

Keywords: *sewage; settling tank; numerical modeling; mass transfer; computational experiment*

Постановка проблеми. Технологічні схеми очищення води включають у себе різні спеціалізовані споруди (відстійники, аеротенки, пісколовки тощо) (рис. 1). На етапі проектування таких систем та обґрунтування параметрів очисних споруд, зокрема, на етапі фор-ескізу, потрібно мати інформацію про ефективність очищення води для певних режимів їх експлуатації. Тому розроблення методів теоретичного оцінювання роботи очисних споруд системи водовідведення стає науковим напрямом, що продовжує активно розвивається [1; 2; 7–9, 11–13].

Складність розроблення таких моделей пов'язана з тим, що модель повинна враховувати багато факторів: нерівномірність поля швидкості, вплив дифузійних процесів на масоперенос, гравітаційне осадження домішки, хімічне перетворення тощо. Саме тому кількість багатофакторних математичних моделей обмежена.

На практиці більш активно використовуються емпіричні, аналітичні моделі [3–6; 10]. Але якість прогнозу інформації потребує більш поширеного використання багатофакторних чисельних моделей. У зв'язку із цим створення таких моделей бачиться актуальним та відповідає сучасним трендам у галузі водопостачання та водовідведення.



Рис. 1. Горизонтальний відстійник
(https://eco-systema.com/productions/modules/otstoynik_tonkosloyniy/)

Мета статті – створення 3D чисельної багатофакторної моделі для аналізу процесу масопереносу у відстійнику, що використовується для очищення стічних вод.

Методика. Для аналізу процесу очищення стічних вод у відстійнику використовується 3D-рівняння конвективно-дифузійного переносу пасивної домішки [1; 2]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w-w_g)C}{\partial z} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) = 0, \quad (1)$$

де C – концентрація забруднювача у відстійнику; u, v, w – проекції вектора швидкості потоку у споруді; μ_x, μ_y, μ_z – коефіцієнти дифузії; w_g – швидкість гравітаційного осадження; t – час.

Для рівняння (1) ставляться такі граничні умови:

1) на вході в споруду: $C = C_{in}$, де C_{in} – відома концентрація забруднювача;

2) на виході зі споруди: $C(i+1, j, k) = C(i, j, k)$, де $C(i+1, j, k)$ – концентрація забруднювача в останній обчислювальній комірці; $C(i, j, k)$ – концентрація забруднювача в попередній обчислювальній комірці;

3) на твердих поверхнях у споруді :

$\frac{\partial C}{\partial n} = 0$, де n – одинична нормаль до твердої поверхні.

Для рівняння (1) ставиться початкова умова: $t = 0 : C = C_0$.

Для використання рівняння (1) потрібно визначити поле швидкості в очисній споруді. Для розв'язання задачі гідродинаміки використовується модель потенціального руху [1; 2]:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0, \quad (2)$$

де P – потенціал швидкості.

Граничні умови для моделювального рівняння (2) розглянути в [1; 2]:

Якщо поле потенціалу швидкості в споруді відоме, компоненти вектора швидкості потоку розраховуються так [2]:

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, v = \frac{\partial P}{\partial y}, w = \frac{\partial P}{\partial z}. \quad (3)$$

Таким чином, математична модель процесу очищення стічних вод у відстійнику базується на розв'язанні рівнянь (1) та (2) з відповідними крайовими умовами.

Чисельна модель. Чисельне інтегрування моделювальних рівнянь (1) та (2) здійснюється на прямокутній сітці. Для формування геометричної форми розрахункової області застосовується метод маркування.

Для чисельного інтегрування рівняння Лапласа для потенціалу швидкості застосовується метод розщеплення. На першому етапі рівняння Лапласа зводиться до нестационарного вигляду :

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2}, \quad (4)$$

де t – фіктивний час.

Далі, для чисельного інтегрування рівняння (9) застосовуються змінно-трикутний метод та метод Лібмана.

У разі застосування змінно-трикутного методу різниці рівняння мають вигляд:

– на першому кроці розщеплення:

$$\begin{aligned} \frac{P_{i,j,k}^{n+1/2} - P_{i,j,k}^n}{0,5\Delta\eta} &= \frac{P_{i+1,j,k}^n - P_{i,j,k}^n}{\Delta x^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i-1,j,k}^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \\ &+ \frac{P_{i,j+1,k}^n - P_{i,j,k}^n}{\Delta y^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j-1,k}^{n+1/2}}{\Delta y^2} + \\ &+ \frac{P_{i,j,k+1}^n - P_{i,j,k}^n}{\Delta z^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j,k-1}^{n+1/2}}{\Delta z^2}, \end{aligned}$$

– на другому кроці розщеплення:

$$\begin{aligned} \frac{P_{i,j,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1/2}}{0,5\Delta\eta} &= \frac{P_{i+1,j,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i-1,j,k}^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \\ &+ \frac{P_{i,j+1,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta y^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j-1,k}^{n+1/2}}{\Delta y^2} + \\ &+ \frac{P_{i,j,k+1}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta z^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j,k-1}^{n+1/2}}{\Delta z^2}. \end{aligned}$$

Тобто визначення потенціалу швидкості здійснюється за два етапи. На першому знаходиться «проміжне» значення потенціалу $P_{i,j,k}^{n+1/2}$ на часовому шарі « $n + 1/2$ », а на другому – «остаточне» значення потенціалу $P_{i,j,k}^{n+1}$ на часовому шарі « $n + 1$ ».

Інший підхід – метод Лібмана для чисельного інтегрування рівняння (2). В даному випадку різницева рівняння має вигляд:

$$\begin{aligned} &\frac{P_{i+1,j,k} - 2P_{i,j,k} + P_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \\ &+ \frac{P_{i,j+1,k} - 2P_{i,j,k} + P_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + \\ &+ \frac{P_{i,j,k+1} - 2P_{i,j,k} + P_{i,j,k-1}}{\Delta z^2} = 0. \end{aligned}$$

Значення $P_{i,j,k}$ обчислюється за явною формулою з даної залежності.

На наступному етапі розраховуються компоненти вектора швидкості потоку на гранях різницевих комірок :

$$u = \frac{P_{i+1,j,k} - P_{i,j,k}}{\Delta x},$$

$$v = \frac{P_{i,j+1,k} - P_{i,j,k}}{\Delta y},$$

$$w = \frac{P_{i,j,k+1} - P_{i,j,k}}{\Delta z}.$$

Після розрахунку поля швидкості потоку стічних вод розв'язується рівняння (1) для визначення концентрації забруднювальної речовини.

Для побудови першої схеми здійснюється таке фізичне розщеплення:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right), \quad (5)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right), \quad (6)$$

Тут ми приймаємо, що $w = w - w_s$.

Для чисельного розв'язання рівняння масопереносу (5) використовуємо схему розщеплення [2]. Для чисельного розв'язання рівняння (6) використовується наступна різницева схема розщеплення [2] :

– перший крок :

$$C_{ijk}^{n+\frac{1}{2}} = C_{ijk}^n - Vt \frac{w_{i+1,jk}^+ C_{ijk}^{n+\frac{1}{2}} - w_{ijk}^+ C_{i-1,j,k}^{n+\frac{1}{2}}}{Vz} +$$

$$+ Vt \mu_z \frac{-C_{ijk}^{n+\frac{1}{2}} + C_{i-1,jk}^{n+\frac{1}{2}}}{Vz^2} + Vt \mu_z \frac{-C_{ijk}^n + C_{i+1,jk}^n}{Vz^2},$$

– другий крок :

$$C_{ijk}^{n+1} = C_{ijk}^{n+\frac{1}{2}} - Vt \frac{w_{i+1,jk}^- C_{i+1,jk}^{n+1} - w_{ijk}^- C_{ijk}^{n+1}}{Vz} +$$

$$+ Vt \mu_z \frac{-C_{ijk}^{n+\frac{1}{2}} + C_{i-1,jk}^{n+\frac{1}{2}}}{Vz^2} + Vt \mu_z \frac{-C_{ijk}^{n+1} + C_{i+1,jk}^{n+1}}{Vz^2}.$$

Концентрація домішки визначається за явною формулою «рахунку, що біжить».

Для контролю розв'язання задачі масопереносу також використовувалася, додатково, інша схема розщеплення. Для побудови цієї схеми здійснюється розщеплення рівняння (1) таким чином :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right), \quad (7)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right), \quad (8)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right). \quad (9)$$

Рівняння переносу (7)–(9) – це одновимірні рівняння масопереносу. Принцип побудови різницевої схеми розглянемо на прикладі одного рівняння.

Для побудови різницевої схеми робляться такі перетворення :

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

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

$$\frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial w^+ C}{\partial z} + \frac{\partial w^- C}{\partial z},$$

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

$$v^- = \frac{v - |v|}{2}; w^+ = \frac{w + |w|}{2}; w^- = \frac{w - |w|}{2}.$$

Далі йде така апроксимація похідних :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) \approx \mu_x \frac{C_{i+1,j,k}^{n+1} - C_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta x^2} -$$

$$- \mu_x \frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i-1,j,k}^{n+1}}{\Delta x^2} = M_{xx}^- C^{n+1} + M_{xx}^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) \approx \mu_y \frac{C_{i,j+1,k}^{n+1} - C_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta y^2} -$$

$$- \mu_y \frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i,j-1,k}^{n+1}}{\Delta y^2} = M_{yy}^- C^{n+1} + M_{yy}^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \approx \mu_z \frac{C_{i,j,k+1}^{n+1} - C_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta z^2} -$$

$$- \mu_z \frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i,j,k-1}^{n+1}}{\Delta z^2} = M_{zz}^- C^{n+1} + M_{zz}^+ C^{n+1}.$$

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

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

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

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

$$\frac{\partial w^+ C}{\partial z} \approx \frac{w_{i,j,k+1}^+ C_{i,j,k} - w_{i,j,k}^+ C_{i,j,k-1}}{\Delta z} = L_z^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial w^- C}{\partial z} \approx \frac{w_{i,j,k+1}^- C_{i,j,k+1} - w_{i,j,k}^- C_{i,j,k}}{\Delta z} = L_z^- C^{n+1}.$$

Після цих перетворень записується схема розщеплення для одновимірного рівняння масопереносу (7):

– на першому кроці розщеплення рівняння має вигляд:

$$\frac{C_{i,j,k}^k - C_{i,j,k}^n}{\Delta t} + L_x^+ C^k = M_{xx}^+ C^k + M_{xx}^- C^n,$$

– на другому кроці розщеплення рівняння має вигляд:

$$\frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i,j,k}^k}{\Delta t} + L_x^- C^{n+1} = M_{xx}^+ C^n + M_{xx}^- C^{n+1}.$$

Аналогічно, схема розщеплення для чисельного розв'язання рівняння (8) записується так:

– на першому кроці розщеплення:

$$\frac{C_{i,j,k}^k - C_{i,j,k}^n}{\Delta t} + L_y^+ C^k = M_{yy}^+ C^k + M_{yy}^- C^n,$$

– на другому кроці розщеплення:

$$\frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i,j,k}^k}{\Delta t} + L_y^- C^{n+1} = M_{yy}^+ C^n + M_{yy}^- C^{n+1}.$$

Схема розщеплення для чисельного інтегрування рівняння (9) має вигляд:

– на першому кроці розщеплення:

$$\frac{C_{i,j,k}^k - C_{i,j,k}^n}{\Delta t} + L_z^+ C^k = M_{zz}^+ C^k + M_{zz}^- C^n,$$

– на другому кроці розщеплення:

$$\frac{C_{i,j,k}^{n+1} - C_{i,j,k}^k}{\Delta t} + L_z^- C^{n+1} = M_{zz}^+ C^n + M_{zz}^- C^{n+1}.$$

Значення концентрації забруднювальної речовини розраховується за формулою «розрахунку, що біжить» на кожному кроці розщеплення.

На базі побудованих різницевоїх схем створено комп'ютерний код для проведення обчислювального експерименту.

Результати. Далі наведено результати обчислювального експерименту на базі розробленої чисельної моделі. Мета обчислювального експерименту – дослідження можливості використання побудованої чисельної моделі для аналізу процесу масопереносу у відстійнику, що має складну геометричну форму в області руху стічних вод. Крім цього, ставиться задача дослідити «практичну» стійкість побудованої чисельної моделі, тобто її спроможність проводити розрахунки в областях складної геометричної форми без втрати стійкості.

Моделювання виконувалося за таких даних: розміри відстійника 15 м*5 м*4 м. $w_g = 0,003 \text{ мм/с}$; коефіцієнти дифузії визначаються так: $\mu_x = 0,1u$, $\mu_y = 0,1v$, $\mu_z = 0,1w$. Початкова умова така: $C = 0$ при $t = 0$. Під час обчислювального експерименту розглядалися такі сценарії:

1. Сценарій № 1: відстійник, на дні якого розташовані два додаткові елементи (екрани).

2. Сценарій № 2: відстійник на дні якого розташовані два додаткові елементи (екрани) + короткий екран зверху.

3. Сценарій № 3: відстійник, на дні якого розташовані два додаткові елементи (екрани) + довгий екран зверху.

Результати обчислювального експерименту показані на рисунках 2–4: розподіл безрозмірного значення концентрації домішки в перерізі $y = 2,5 \text{ м}$.

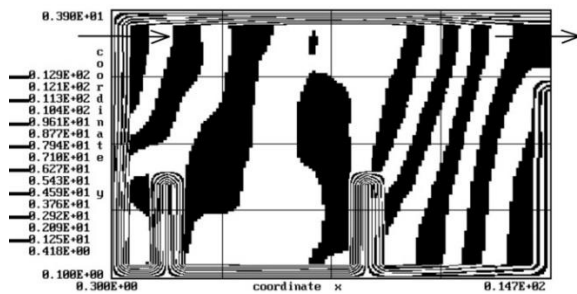


Рис. 2. Концентрація домішки, переріз $y = 2,5$ м (сценарій № 1)

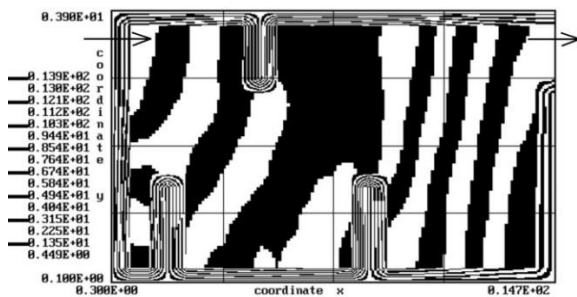


Рис. 3. Концентрація домішки, переріз $y = 2,5$ м (сценарій № 2)

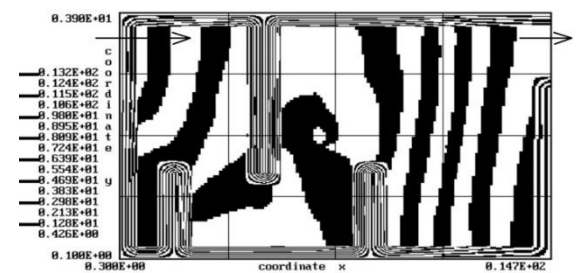


Рис. 4. Концентрація домішки, переріз $y = 2,5$ м (сценарій № 3)

Як видно з наведених рисунків, екрани впливають на гідродинаміку течії у відстійнику, що зумовлює утворення складної за формою області розподілу домішки у споруді. Також можна бачити формування застійних зон за кожним екраном. Перед екранами, розташованими

на дні споруди, також формуються застійні зони, що зумовлено гальмуванням потоку стічних вод.

Зазначимо, що час розрахунку кожного сценарію склав 15 с, руйнування стійкості чисельної моделі не було.

Наукова новизна та практична цінність. Запропоновано тривимірну чисельну модель для аналізу процесу очищення стічних вод у відстійнику. Модель враховує основні фізичні параметри, що впливають на процес масопереносу у відстійнику: гідродинаміку течії, дифузію, гравітаційне осадження домішки.

Побудована чисельна модель дозволяє аналізувати розподіл концентрації домішки у споруді за декілька секунд.

Розроблена математична модель може бути використана для оцінювання ефективності очищення стічних вод на етапі проектування систем механічного очищення стічних вод.

Подальший розвиток цього напрямку буде здійснюватися в напрямку створення прогностичної моделі на базі рівнянь Нав'є–Стокса.

Висновки

1. Розроблено тривимірну чисельну модель для розрахунку процесу масопереносу домішки у відстійнику.
2. Побудована модель дозволяє прогнозувати поле концентрації домішки за декілька секунд, що дуже важливо для проведення серійних розрахунків на етапі проектування очисних споруд водовідведення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беляев Н. Н., Нагорная Е. К. Математическое моделирование массопереноса в отстойниках систем водоотведения: монография. Днепропетровск: Новая идеология, 2012. 112 с.
2. Беляев Н. Н., Козачина В. А. Математическое моделирование массопереноса в горизонтальных отстойниках: монография. Днепропетровск: Акцент ПП, 2015. 115 с.
3. Василенко О. А., Грабовський П. О., Ларкіна Г. М., Поліщук О. В., Прогульний В. Й. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення: навч. посіб. Київ: ІВНВКП «Укреліотек», 2010. 272 с.
4. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод: навчальний посібник. Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с.
5. Олейник А. Я., Киселев С. К., Малько В. Ф., Ягодковская О. Н. Методика инженерного расчета вторичных вертикальных отстойников. Проблемы водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. № 7. Київ: КНУБА, 2006. С. 65–82.

6. Олійник О. Я., Айрапетян Т. С. Теорія і розрахунки біологічної очистки стічних вод в аеротенках зі зваженим (вільноплаваючим) і закріпленим на додаткових пристроях біоценозом. *Прикладна гідромеханіка*. Том 17, № 3. 2015. С. 35–43.

7. Lledo Prades Martell Computational Fluid Dynamics Techniques for Fixed – Bed Biofilm Systems Modelling: Numerical Simulation and Experimental Characterization. Doctoral Thesis. Manresa, October 2018. 201 p.

8. Meghdad Pirsaeheb, Mitra Mohammadi, Abdollahdargahi Ali Almasi, Marzieh Naderi. Modeling and kinetic evaluation of intermittent aeration bioreactor with continuous flow in hospital wastewater treatment. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 1 JCPS. Vol. 9, iss. 4. 2016.

9. Ramalingam K., Xanthos S., Gong M. Critical modeling parameters identified for 3D CFD modeling of rectangular final settling tanks for New York City wastewater treatment plants. *Water Science & Technology*. UK: Alliance House, 2012. Vol. 65 (6). Pp. 1087–1094.

10. Pereda M., Zamarreno J. M. Agent – based modeling of an activated sludge process in batch reactor. *19th Mediterrian Conference on Control and Automation Aquis*. Corfu, Greece, June 20–23, 2011. Pp. 1128–1133.

11. Robescu D., Mandiș C., Robescu D. Design Lamellar Secondary Settling Tank Using Numerical Modeling. *U.P.B. Sci. Bull. Series D*. Vol. 72, iss. 4. București, 2010. Pp. 211–216.

12. Robesku Diana, Robesku Dan, Mocanu Raluca, Moga Corina. Modeling of attached growth biological wastewater treatment process. *U.P.B. Sci. Bull. Series C*. Vol. 64, № 4. 2007. Pp. 593–598.

13. Shahrokhi M., Rostami F., Azlin Md, Said Md, Syafalni. The Computational Modeling of Baffle Configuration in the Primary Sedimentation Tanks. *2nd International Conference on Environmental Science and Technology*. Vol. 6. Singapore, 2011. Pp. 392–396.

REFERENCES

1. Biliaiev N.N. and Nagornaya E.K. *Matematicheskoye modelirovaniye massoperenosa v otstoynikakh sistem vodootvedeniya : monografiya* [Mathematical modeling of mass transfer in settling tanks of water drainage systems : monograph]. Dnipropetrovsk : Novaya Ideologiya Publ., 2012, 112 p. (in Russian).

2. Biliaiev N.N. and Kozachina V.A. *Modelirovaniye massoperenosa v gorizontalnykh otstoynikakh : monografiya* [Mathematical modeling of mass transfer in horizontal settling tanks : monograph]. Dnipropetrovsk : Aktsent PP, 2015, 115 p. (in Russian).

3. Vasylenko O.A., Hrabovskyi P.O., Larkina H.M., Polishchuk O.V. and Prohulnyi V.Y. *Rekonstruksiia i intensyfikatsiia sporud vodopostachannia ta vodovidvedennia : navchalnyi posibnyk* [Reconstruction and intensification of water supply and drainage facilities]. Kyiv : IVNVKP “Ukrheliotek”, 2010, 272 p. (in Ukrainian).

4. Kovalchuk V.A. *Ochystka stichnyh vod: navchalnyj posibnyk* [Educational manual: Sewage treatment]. Rivne : VAT “Rivnenska drukarnya”, 2002, 622 p. (in Ukrainian).

5. Oleynik A.Y., Kiselev S.K., Malko V.F. and Yagodovskaya O.N. *Metodyka inzhenerного rascheta vtorychnyh vertykalnyx otstojnykiv* [Methods of engineering calculation of secondary vertical sedimentation tanks]. *Problemy vodopostachannya, vodovidvedennya ta hidravliki : nauk.-tekhn. zb* [Applied hydromechanics : scientific and technical collection]. Vol.7, Kyiv : KNUBA, 2006, pp. 65–82. (in Ukrainian).

6. Oleynik A.Y. and Airapetyan T.S. *Teoriya i rozrakhunky biolohichnoyi ochystky stichnykh vod v aerotenkakh zi zvaženym (vil'noplavayuchym) i zakriplenym na dodatkovykh prystroyakh biotsenozom* [Theory and calculations of biological wastewater treatment in aerotanks with suspended (free-floating) biocenosis fixed on additional devices]. *Prykladna hidromekhanika* [Applied Hydromechanics]. 2015, vol. 17, no. 3, pp. 35–43. (in Ukrainian).

7. Lledo Prades Martell. Computational Fluid Dynamics Techniques for Fixed –Bed Biofilm Systems Modelling : Numerical Simulation and Experimental Characterization. Doctoral Thesis. Manresa, 2018, 201 p.

8. Meghdad Pirsaeheb, Mitra Mohammadi, Abdollahdargahi, Ali Almasi and Marzieh Naderi. Modeling and kinetic evaluation of intermittent aeration bioreactor with continuous flow in hospital wastewater treatment. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 1 JCPS, 2016, vol. 9, iss. 4.

9. Ramalingam K., Xanthos S. and Gong M. Critical modeling parameters identified for 3D CFD modeling of rectangular final settling tanks for New York City wastewater treatment plants. *Water Science & Technology*. UK : Alliance House, 2012, vol. 65 (6), pp. 1087–1094.

10. Pereda M. and Zamarreno J. M. Agent – based modeling of an activated sludge process in batch reactor. *19th Mediterrian Conference on Control and Automation Aquis*, Corfu, Greece, 2011, June 20–23, pp. 1128–1133.

11. Robescu D., Mandiș C., and Robescu D. Design Lamellar Secondary Settling Tank Using Numerical Modeling. *U.P.B. Sci. Bull, Series D*, 2010, vol. 72, iss. 4. București, pp. 211–216.

12. Robesku Diana, Robesku Dan, Mocanu Raluca and Moga Corina. Modeling of attached growth biological wastewater treatment process. *U.P.B. Sci. Bull., Series C*, 2007, vol.64, no. 4, pp. 593–598.

13. Shahrokhi M., Rostami F., Md Azlin, Md Said and Syafalni. The Computational Modeling of Baffle Configuration in the Primary Sedimentation Tanks. *2nd International Conference on Environmental Science and Technology*. 2011, vol. 6., Singapore, pp. 392–396.

Надійшла до редакції: 11.03.2024.

УДК 693.972:69.059.28

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.69.1025

ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ МОЖЛИВОСТІ ЛОКАЛЬНИХ РУЙНУВАНЬ ЇХ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

ЕГОРОВ Є. А.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
РАДКЕВІЧ А. В.², *докт. техн. наук, проф.*,
КОВТУН К. А.³, *аспір.*

^{1*} Кафедра металевих та дерев'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0562) 46-93-62, e-mail: evg_egorov@ukr.net, ORCID ID : 0000-0002-0948-1299

² Кафедра технології будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0563) 73-15-44, e-mail: a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID ID : 0000-0001-6325-8517

³ Кафедра технології будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0563) 73-15-44

Анотація. Постановка проблеми. Сьогоднішні реалії нашого буття показують, що проектування конструкцій будівель та споруд з урахуванням можливих локальних обвалів їх несних конструкцій стає все більш актуальною проблемою. Необхідність її вирішення – важлива складова у забезпеченні безпеки будівель і споруд за дії експлуатаційних та аварійних навантажень. Локальні руйнування трактуються як глобальний результат, який може спричинити руйнування усього каркаса або його значної частини та загибель людей. Особливість розрахунків на прогресуючий обвал будівель зі сталевим каркасом полягає в тому, що, на відміну від монолітного залізобетону, в сталевому каркасі вузли сполучення елементів виконуються, як правило, шарнірними і це може викликати перевернення конструктивної схеми на геометрично змінну конструктивну схему. У цьому випадку руйнування конструкцій може відбуватися не через втрату міцності матеріалу, а за рахунок втрати несної здатності вузлів з'єднання конструкцій. **Мета статті** – аналіз проблем, що виникають під час проектування (підсилення) конструкцій промислових будівель із сталевим каркасом, з урахуванням можливостей їх локальних руйнувань. **Висновок.** Розглянуто проблеми, які треба вирішувати під час проектування або реконструкції промислових будівель із сталевим каркасом, експлуатація яких може бути пов'язана з тими чи іншими локальними руйнуваннями несних конструкцій. Наводяться перспективні конструктивні шляхи ефективного вирішення цих проблем.

Ключові слова: *прогресуюче обвалення; сталевий каркас; ферми; монолітні залізобетонні конструкції; вузли-зв'язки*

ISSUES OF DESIGNING INDUSTRIAL BUILDINGS CONSIDERING THE RISK OF LOCAL DESTRUCTION OF THEIR BEARING STRUCTURES

EHOROV Yev.A.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
RADKEVICH A.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KOVTON K.A.³, *Postgrad. Stud.*

^{1*} Department of Metal and Wooden Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (0562) 46-93-62, e-mail: evg_egorov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-0948-1299

² Department of Construction Technology and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (0563) 73-15-44, e-mail: a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6325-8517

³ Department of Construction Technology and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (0563) 73-15-44

Abstract. Problem statement. The present-day realities show that the design of buildings and structures with regard to possible local collapses of their bearing structures is becoming more and more realistic and thus an increasingly urgent challenge. The need to solve this issue is an important component in ensuring the safety of buildings and structures under operational and emergency loads. Local destruction is interpreted as a global result that can lead to the destruction of the entire frame or a significant part of it and cause loss of life. The peculiarity of calculations for

progressive collapse of steel-framed buildings is that, unlike monolithic reinforced concrete, in a steel frame, the nodes of connection of elements are usually hinged, and this can lead to transformation of the structural scheme into a geometrically variable structural scheme. In this case, structural failure may occur not due to loss of material strength, but due to loss of load-bearing capacity of the structural connection joints. *The purpose of the article* is to analyse the main specific peculiarities occurring in the design (reinforcement) of industrial buildings with steel frames, considering the possibility of their local destruction. *Conclusion.* The article considers some problems that need to be solved during the designing or reconstructing industrial buildings with a steel frame, the operation of which may be associated with some local destruction of the bearing structures. Prospective constructive ways of effectively solving these problems are presented.

Keywords: *progressive collapse; steel frame; trusses; monolithic reinforced concrete structures; connecting joints*

На даний час розроблено багато рекомендацій щодо проектування та розрахунків будівель і споруд, стійких до прогресуючих обвалень. В таких рекомендаціях розглядаються ті чи інші механізми руйнувань, пропонуються відповідні схеми розрахунків, побудовані, зокрема, на кінематичних методах. Розглядаються, як правило, рамні залізобетонні каркаси які дозволяють «загасити» або повинні (після підсилення) «загасити» локальні руйнування за рахунок включення в роботу інших конструкцій.

Мета статті полягає в аналізі основних особливостей, що виникають під час проектування (підсилення) конструкцій промислових будівель із сталевим каркасом, з урахуванням можливостей їх локальних руйнувань. Тобто вважається, що локальні руйнування неминучі і завдання проектувальника, таким чином, зводиться до мінімізації наслідків таких можливих руйнувань та, зокрема, недопущення розвинення прогресуючих руйнувань будівель.

Складність завдання полягає в тому, що у всіх існуючих рекомендаціях відсутні загальні принципи, за якими треба здійснювати:

- вибір ключових елементів (елементи, які треба розглядати як руйнівні під час розрахунку);
- вибір методу врахування миттєвих динамічних ефектів при обваленнях [4; 5];
- вибір основних концепцій проектування будівель і споруд, експлуатація яких пов'язана з можливістю руйнувань окремих їх несних елементів.

Особливість розрахунків на прогресуючий обвал будівель зі сталевим

каркасом полягає в тому, що, на відміну від монолітного залізобетону, в сталевому каркасі вузли сполучення елементів виконуються, як правило, шарнірними. Через це внаслідок локальних руйнувань тих чи інших конструкцій будівля в локальних зонах, і навіть у цілому, може перетворитися на геометрично змінювану конструктивну систему. Руйнування таких систем, як правило, пов'язується не з міцністю матеріалу конструктивних елементів, а з несною здатністю вузлів з'єднань.

Для прикладу розглянемо двопрогоновий просторовий сталевий каркас одноповерхової будівлі. У разі виключення з каркаса тієї чи іншої колони відразу падає крокв'яна ферма покриття (рис. 1).

Під час обвалення ферми на суміжні конструкції (кріплення конструкцій покриття, прогони та зв'язків) передаються додаткові (не передбачені в нормальних умовах експлуатації) вертикальні та горизонтальні зусилля. Конкретна їх величина буде безпосередньо залежати від конструктивного вирішення і дійсних (вище згадувалась шарнірна ідеалізація) властивостей вузлів з'єднання несних конструкцій між собою.

Стандартні вузли металоконструкцій не розраховані на додаткові зусилля, що виникають під час обвалення. Тому для захисту сталевих конструкцій каркаса від прогресуючого обвалення необхідно змінювати конструктивну схему роботи вузлів сполучення. І тут також можна запропонувати на вибір два шляхи: запроєктувати вузли, які сприймали б такі горизонтальні зусилля і завдяки цьому будуть утримувати ферму від повного

обвалення або, навпаки, зробити такі вузли, які б не сприймали горизонтальні зусилля і

таким чином локалізували ефект руйнування крокв'яної ферми.

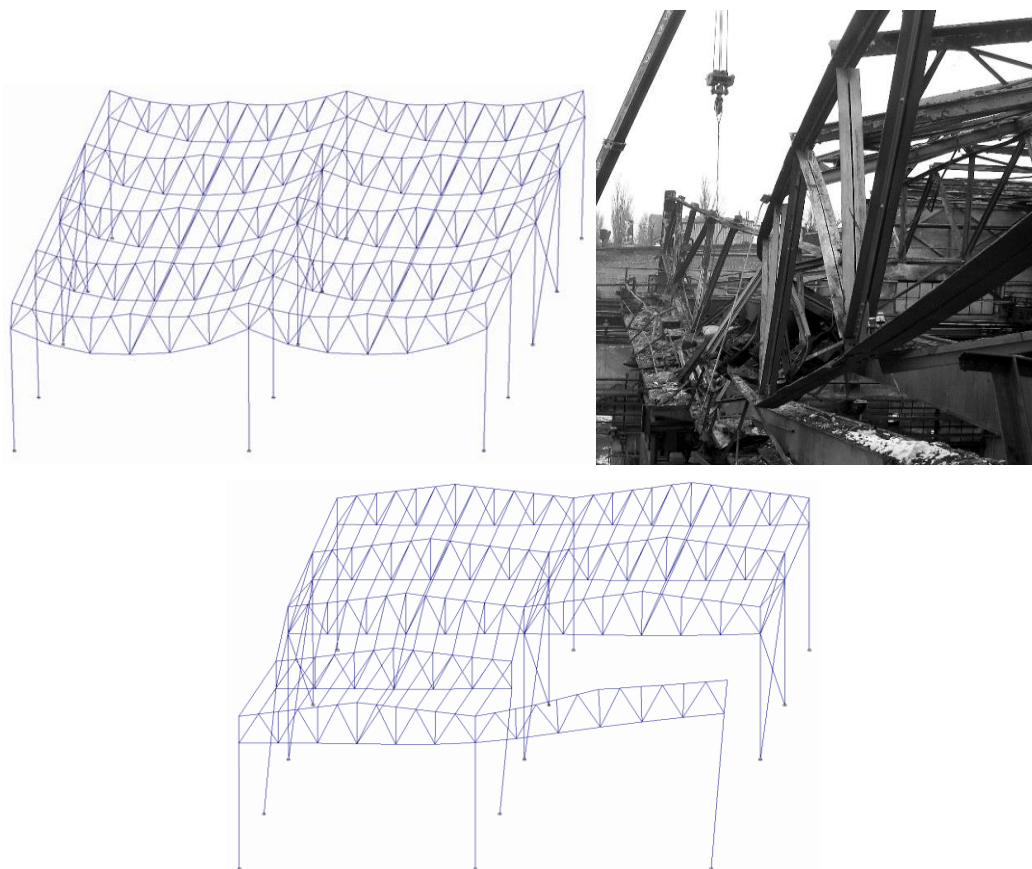


Рис. 1. Фрагменти деформованої схеми та вид на покриття одноповерхового сталевих каркаса після локального руйнування колони

Особливість промислових будівель – це наявність у них тих чи інших динамічних ефектів, які можуть стати важливим, а в деяких випадках визначальним фактором у з'ясуванні їх несної здатності, у тому числі, звичайно, і в разі можливих локальних руйнувань їх конструкцій.

Обчислювальні комплекси [6; 7] дозволяють урахувати статичну складову додаткових (за локальних обвалень конструкцій) зусиль. Але виникає питання, як визначити динамічну складову цих зусиль? Розроблення вузлів конструкцій будівель і споруд, що підвищують їх стійкість до різноманітних динамічних впливів, в тому числі і до локальних руйнувань, може бути пов'язане з використанням напівжорстких вузлів (semirigid) з'єднання різних елементів (наприклад, ригель – колона) і адаптивних зв'язків (наприклад, вертикальні в'язі, що включаються в динамічну роботу

конструкції або виключаються з неї, виконуючи тим самим відлаштування конструкції від резонансних частот).

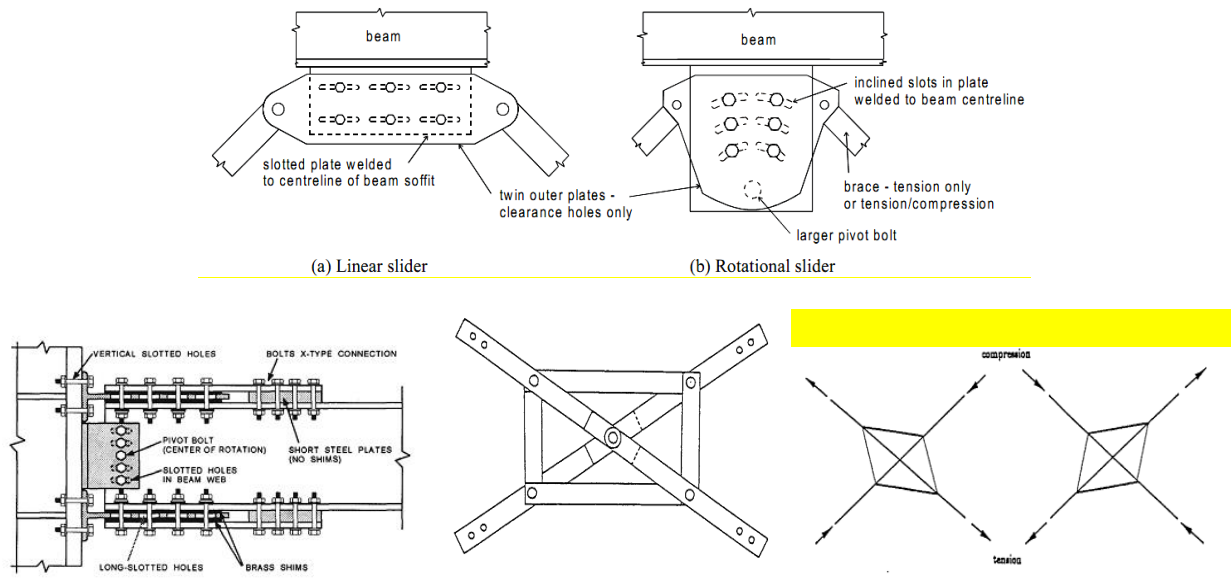
В обох випадках динамічні моделі конструкцій з такими рішеннями мають враховувати їх змінність у процесі нелінійних коливань і особливі дисипативні сили, що виникають на поверхнях, що контактують або забезпечуються роботою спеціальних демпферів. Демпфірування коливань у подібних конструкціях (конструкційне демпфірування) досить ефективно може реалізовуватись силами сухого тертя – кулонового чи позиційного. Питанням будівництва із застосуванням подібних пристроїв присвячені роботи [4; 5; 8].

Деякі принципові рішення виконання демпфірувальних пристроїв із сухим тертям наведені на рисунку 2. У випадку пружно-фрикційних з'єднань на високоміцних болтах допускаються контрольовані

зміщення за досягнення певного рівня зусиль. При цьому змінюється динамічна структура споруди і суттєво підвищується здатність конструкцій до поглинання енергії динамічного впливу [9; 10].

У спорудах рамного типу демпфірувальні пристрої частіше за все застосовують у

складі вертикальних в'язей (діагональних або V-подібних – рис. 3). Також можуть застосовуватись спеціальні важільні системи, що дозволяють підвищити чутливість демпфірувального пристрою.



6

Рис. 2. Конструкції демпферів сухого і позиційного тертя:

а – вузли демпферів рамно-в'язевої споруди [11]; б – напівжорстке з'єднання колони і ригеля, що здатне працювати як демпфер сухого тертя при поворотних у площині рами деформаціях [11]; в – фрикційний пристрій *rall friction damper* і його конфігурації в деформованих положеннях [10]

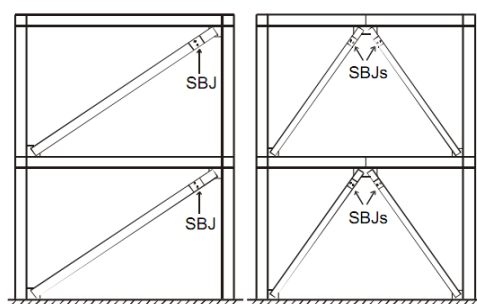


Рис. 3. Діагональна і V-подібна конфігурація в'язей з демпферами сухого тертя (*sliding bolted joint, SBJ*) – рухоме болтове з'єднання [12]

На рисунку 4 наведено конструктивну і спрощену динамічну модель рами, яка має три прогони і вертикальну в'язь із демпфером сухого тертя. Особливість такого виконання адаптивної в'язі рами – можливість її роботи в трьох режимах, що описуються моделями 1, 2 і 3 (розмір овальних отворів по вертикалі для вузла підходу в'язей до ригеля у всіх моделях такий, що зазор до болтів не вибирається і

вертикальне навантаження на в'язі від ригеля в такому вузлі не передається):

- модель 1: демпфірування коливань рами силами сухого тертя при горизонтальних амплітудах ригеля, що не перевищують величину вільного ходу демпфера (більшого діаметра отворів болтового з'єднання), при цьому стрижні в'язі ще не «включаються» в роботу рами;
- модель 2: при досягненні (перевищення неможливе) амплітудами

коливань вільного ходу демпфера – демпфер «виключається» з роботи, а стрижні в'язі, навпаки, починають працювати на осьові сили стиску/розтягу;

– модель 3: за надзвичайно великих навантажень (і переміщень) в'язь руйнується, наприклад, зрізуються болти

демпфера, втрачається стійкість стиснутого стрижня з вигином і т. п. і в'язь взагалі виключається з динамічної роботи рами.

Критерієм руйнування в'язі зручно обрати переміщення, за якого відбувається її руйнування.

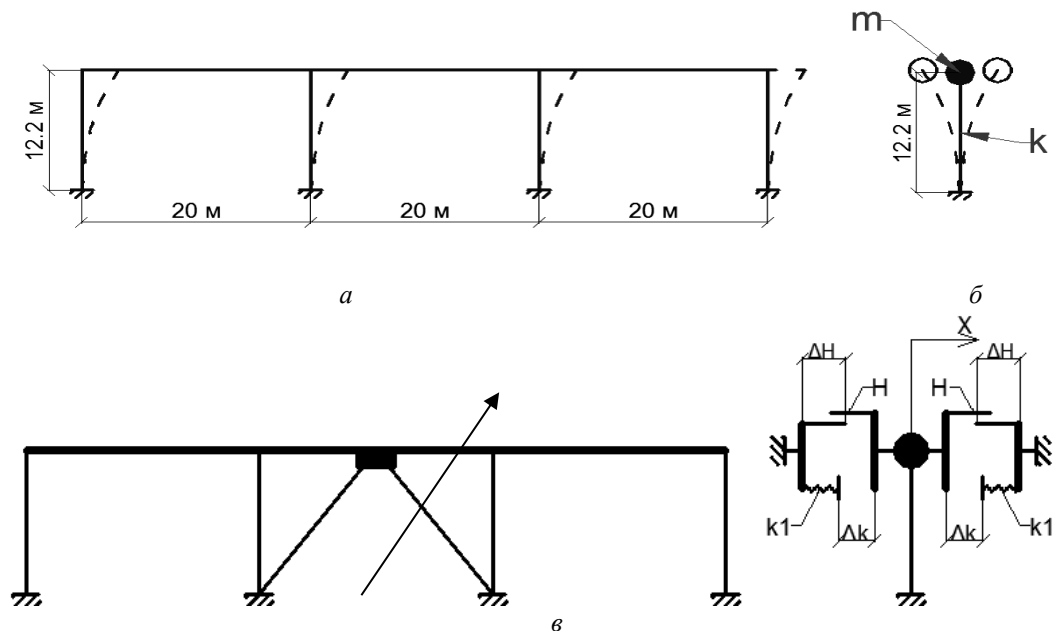


Рис. 4. Трипрогінна рама: а – вихідна модель трипрогінної рами і нижча форма її власних коливань; б – одномасова динамічна модель рами для наближеного дослідження коливань даної форми; в – конструктивна і спрощена динамічна модель рами, обладнаної вертикально в'яззю з демпфером сухого тертя

Звичайно, що ефективного рішення потребує конкретних розрахунків і подальших досліджень. Приблизно така ж ситуація має місце ц розгляді можливостей локальних руйнувань всіх інших конструкцій, що забезпечують загальну міцність, стійкість та жорсткість сталевго каркаса промислових будівель.

Таким чином, можна вважати, що взагалі проблеми, пов'язані з локальними руйнуваннями, можуть вирішуватися двома основними шляхами:

- загальне підсилення всіх елементів конструктивної схеми, яке б дозволяло сприймати додаткові статичні та динамічні зусилля і зберігати працездатний стан конструктивної схеми (будівлі) в цілому після локальних руйнувань окремих її несних елементів;

- застосування таких конструктивних схем, які б склалися з окремих незалежних блоків і руйнування будь-якого

з них не спричиняте непропорційно більшого руйнування.

В обох варіантах перспективним і дуже важливим виглядає розроблення спеціальних вузлів-зв'язків, які б дозволяли ефективно керувати просторовою взаємодією всіх елементів конструктивної схеми. При цьому матеріаломісткість та вартість будуть істотно нижчими, ніж у разі застосування загального посилення всіх несних конструкцій.

Висновки

Розглянуто проблеми, які треба вирішувати під час проектування або реконструкції промислових будівель зі сталевим каркасом, експлуатація яких може бути пов'язана з тими чи іншими локальними руйнуваннями несних конструкцій.

Наводяться перспективні конструктивні шляхи ефективного вирішення цих проблем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поляков В. С., Килимник Л. Ш., Черкашин А. В. Современные методы сейсмозащиты зданий. Москва : Стройиздат, 1989.
2. Козловский А. Формирование стальных и комбинированных каркасов с полужесткими узлами. Жешув, 1999.
3. Semi-Rigid Structural Connections. IABSE Colloquium. Istanbul, 1996.
4. Кулябко В. В. Учет динамических свойств конструкций при создании нелинейных моделей, расчетах, конструировании и эксплуатации «безопасных по проекту» сооружений. *Взаимосвязь проектирования пространственных конструкций с вопросами безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности : сб. науч. тр.* НИИЖБ, ЦНИИСК, НИИСП, 2007.
5. Kulyabko V. V., Davydov I. I. Laboratory of dynamics and diagnostics of constructions. *Archives of Civil Engineering*. Vol. 49, № 3. Warsaw : Polish Academy of Sciences, Institute of Fundamental Technological Research, 2003.
6. Лира 9. Коллектив авторов под редакцией Гродецкого А.С. Киев : Изд-во «Факт», 2003.
7. Карпиловский В. С., Криксунов Э. З., Маляренко А. А., Микитаренко М. А., Перельмутер А. В., Перельмутер М. А. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. Изд-во АСВ, 2004.
8. Кархут І. І. Проектування та будівництво в районах з підвищеною сейсмічною активністю: навч. посіб. 2-е вид., доп. і перероб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. 216 с.
9. Butterworth J., Clifton C. Performance of hierarchical friction dissipating joints in moment resisting steel frames. 12WCEE. 2000.
10. Aiken I. D., Nims D. K., Whittaker A. S., Kelly J. M. Testing of Passive Energy Dissipation Systems. *Earthquake Spectra*. Vol. 9, № 3. Earthquake Engineering Research Institute California, 1993.
11. Sigaher N., Constantinou M. C. Scissor-Jack-Damped Energy Dissipation System. *Earthquake Spectra*. Vol. 19, № 1. February 2003. Pp. 133–158.
12. Butterworth J. Ductile concentrically braced frames using slotted bolted joints. *SESOC Journal*. Vol. 13, № 1. April 2000.

REFERENCES

1. Polyakov B.C., Kilimnyk L.Sh. and Cherkashin A.B. *Sovremennyye metody seismozashchity passed* [Modern methods of seismic protection of buildings]. Moscow: Stroyizdat publ., 1989. (in Russian).
2. Kozlovsky A. *Formirovaniye stal'nykh i kombinirovannykh karkasov s poluzhestkimi uzлами* [Formation of steel and combined frames with semi-rigid nodes]. Rzeszów, 1999. (in Russian).
3. Semi-Rigid Structural Connections. IABSE Colloquium, Istanbul 1996.
4. Kulyabko V.V. *Uchet dinamicheskikh svoystv konstruktsey pri sozdanií nelineynykh modeley, raschetakh, konstruirovanií i ekspluatatsii "bezopasnykh po proyektu" sooruzheniy* [Accounting for dynamic properties of structures when creating non-linear models, calculations, construction and operation of "safe by design" structures]. *Vzaimosvyaz' proyektirovaniya prostanstvennykh konstruktsey s voprosami bezopasnosti, ekspluatatsionnoy nadezhnosti i dolgovechnosti : sb. nauch. tr.* [Interrelationship between the design of spatial structures and issues of safety, operational reliability and durability : coll. scient. Works]. NIIZHB, TsNIISK, NIISP, 2007. (in Russian).
5. Kulyabko V.V. and Davydov I.I. Laboratory of dynamics and diagnostics of constructions. *Archives of Civil Engineering*. Vol. 49, no. 3, Warsaw : Polish Academy of Sciences, Institute of Fundamental Technological Research, 2003.
6. *Lira 9. Kollektiv avtorov pod redaktsiyey Grodet'skogo A.S.* [Lyra 9. The team of authors edited by A.S. Grodet'sky]. Kyiv : "Fact" Publ., 2003. (in Russian).
7. Karpilovsky V.S., Kryksunov E.Z., Malyarenko A.A., Mykytarenko M.A., Perelmuter A.V. and Perelmuter M.A. *SCAD Office. Vychislitel'nyy kompleks SCAD* [SCAD Office. Computing complex SCAD]. ASV Publ., 2004. (in Russian).
8. Karhut I.I. *Proektuvannya ta budivnytstvo v rayonakh z pidvyshchenoyu seysmichnoyu aktyvnistyu : navch. posib.* [Design and construction in areas with increased seismic activity : training manual]. 2nd ed., add. and processing. Lviv : Publishing House of Lviv Polytechnic, 2015, 216 p. (in Ukrainian).
9. Butterworth J. and Clifton C. Performance of hierarchical friction dissipating joints in moment resisting steel frames. 12WCEE. 2000.
10. Aiken I.D., Nims D.K., Whittaker A.S. and Kelly J.M. Testing of Passive Energy Dissipation Systems. *Earthquake Spectra*. Vol. 9, no. 3, Earthquake Engineering Research Institute California, August 1993.
11. Sigaher N. and Constantinou M.C. Scissor-Jack-Damped Energy Dissipation System. *Earthquake Spectra*. Vol. 19, no. 1, February 2003, pp. 133–158.
12. Butterworth J. Ductile concentrically braced frames using slotted bolted joints. *SESOC Journal*. Vol. 13, no. 1, April 2000.

Надійшла до редакції: 11.03.2024.

УДК 504.6:502.175

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.75.1026

ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ СТУДЕНТАМ ДИСЦИПЛІНИ ІЗ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

КАЛДА Г. С.^{1,2*}, *докт. техн. наук, проф.*,
ШЕВЕЛЯ В. В.³, *докт. техн. наук, проф.*,
РИБАЛКА К. А.⁴, *канд. техн. наук, доц.*,
СТРЕНК М.⁵, *маг.*

^{1*} Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29016, Хмельницький, Україна, тел.: +38 (097) 478-59-86, e-mail: kalda.galina@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6309-7661

^{2*} Кафедра водопостачання та водовідведення, Жешувська політехніка, вул. Повстанців Варшави, 12, 35-959, Жешув, Польща, тел.: +48 (17) 865-10-68, ORCID ID: 0000-0002-5142-0473

³ Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29016, Хмельницький, Україна, тел.: +38 (096) 348-75-59, e-mail: valeriy.shevelya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (050) 905-51-42, e-mail: ekaterina.rybalka1980@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

⁵ Кафедра водопостачання та водовідведення, Жешувська політехніка, вул. Повстанців Варшави, 12, 35-959, Жешув, Польща, тел.: +48-609-081-184, e-mail: magdas@prz.edu.pl, ORCID ID: 0009-0008-5262-4575

Анотація. Постановка проблеми. Електромагнітне випромінювання – це поєднання електричного та магнітного випромінювання, енергія якого, впливаючи на дане матеріальне тіло, не викликає в ньому процесу іонізації. Природне електромагнітне випромінювання не тільки гарантує правильний розвиток кожного живого організму, а й впливає на зміну пори року та погоду. Людина порушила природне електромагнітне середовище Землі, включивши в це середовище пристрої, які випромінюють електромагнітну енергію в широкому діапазоні частот. Штучні електромагнітні поля супроводжують нас скрізь: і вдома, і на роботі, і в дорозі, і під час відпочинку. Велике гігієнічне значення для забезпечення належних умов життєдіяльності населення має санітарно-гігієнічний стан навколишнього середовища, в тому числі санітарно-гігієнічний стан електромагнітного становища населених міст. Електромагнітне становище в містах та інших населених пунктах створюється великою кількістю радіотехнічних та електротехнічних засобів господарського, оборонного та іншого призначення. **Мета** – проведення системного аналізу впливу електромагнітного випромінювання від різного роду електричного обладнання на навколишнє середовище. Показано, що електромагнітне випромінювання небезпечно як для населення в цілому, особливо для дітей, так і для персоналу, який обслуговує потужне обладнання – джерела електромагнітного випромінювання. **Висновок.** Дослідження електромагнітних випромінювань у навколишньому середовищі показують, що тривалий вплив потужних електромагнітних полів може стати причиною захворювань і навіть смерті людей. Тому слід дотримуватись правил використання штучних джерел електромагнітного випромінювання задля мінімізації шкоди як здоров'ю людей, так і всьому навколишньому середовищу. Ці правила не настільки складні для їх виконання, але досить ефективні. А для фахівців з охорони праці та цивільної безпеки ці знання дадуть можливість створити безпечні умови на робочих місцях.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання; захист; дослідження; електросмог

TO THE EXPEDIENCY OF STUDENTS' TRAINING IN ELECTROMAGNETIC POLLUTION PROTECTION

KALDA G.S.^{1,2*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
SHEVELYA V.V.³, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
RYBALKA K.A.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
STREK M.⁵, *Master*

^{1*} Department of Construction and Civil Security, Khmelnytskyi National University, 11, Instytutaska St., Khmelnytskyi, 29016, Ukraine, tel.: +38 (097) 478-59-86, e-mail: kalda.galina@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6309-7661

^{2*} Department of Water Supply and Sewage Systems, Rzeszow University of Technology, 12, Al. Powstancow Warszawy, Rzeszow, 35-959, Poland, tel.: +48 (17) 865-10-68, ORCID ID: 0000-0002-5142-0473

³ Department of Construction and Civil Security, Khmelnytskyi National University, 11, Instytutaska St., Khmelnytskyi, 29016, Ukraine, tel.: +38 (068) 202-16-17, e-mail: valeriy.shevelya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

⁴ Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (050) 905-51-42, e-mail: rubalkakatr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

⁵ Department of Water Supply and Sewage Systems, Rzeszow University of Technology, 12, Al. Powstancow Warszawy, Rzeszow, 35-959, Poland, tel.: +48-609-081-184, e-mail: magdas@prz.edu.pl, ORCID ID: 0009-0008-5262-4575

Abstract. Problem statement. Electromagnetic radiation is a combination of electric and magnetic radiation, the energy of which, when it affects a given material body, does not cause an ionisation process in it. Natural electromagnetic radiation not only guarantees the proper development of every living organism, but also affects the change of seasons and weather. Humans have disturbed the Earth's natural electromagnetic environment by including devices that emit electromagnetic energy in a wide range of frequencies. Artificial electromagnetic fields accompany us everywhere: at home, at work, on the road, and during leisure. The sanitary and hygienic state of the environment, including the electromagnetic situation in populated cities, is of great hygienic importance for ensuring proper living conditions for the population. The electromagnetic situation in cities and other settlements is created by a large number of radio and electrical equipment for economic, defence and other purposes. **The purpose of the article.** To conduct a systematic analysis of the impact of electromagnetic radiation from various types of electrical equipment on the environment. It is shown that electromagnetic radiation is dangerous both for the population as a whole, especially for children, and for personnel who operate powerful equipment - sources of electromagnetic radiation. **Conclusion.** Studies of electromagnetic radiation in the environment show that prolonged exposure to powerful electromagnetic fields can cause illness and even death. Therefore, rules for using artificial sources of electromagnetic radiation should be followed to minimise the damage to both human health and the environment. These rules are not so difficult to follow, but they are quite effective. And for labour protection and civil safety specialists, this knowledge will enable them to create safe working conditions in the workplace.

Keywords: *electromagnetic radiation; protection; research; electrosmog*

Постановка проблеми. Електромагнітне випромінювання – це поєднання електричного та магнітного випромінювання, енергія якого, впливаючи на дане матеріальне тіло, не викликає в ньому процесу іонізації. Природні електричні та магнітні поля не пов'язані з діяльністю людини, а мають своїм джерелом природні процеси, що відбуваються на Землі [1]. Їх джерела, серед іншого – це електричні та магнітні поля Землі, Сонце та розряди блискавок.

Природні електромагнітні процеси є істотним елементом довкілля Землі і розвивалися у Всесвіті із самого початку її існування. У всіх точках нашої планети ми маємо справу з її природним магнітним полем, тобто з геомагнітним полем. Природне електромагнітне випромінювання не тільки гарантує правильний розвиток кожного живого організму, а й впливає на зміну пори року та погоду.

Людина порушила природне електромагнітне середовище Землі, включивши в це середовище пристрої, які випромінюють електромагнітну енергію в широкому діапазоні частот. Штучні електромагнітні поля супроводжують нас скрізь: і вдома, і на роботі, і в дорозі, і під час відпочинку.

Незважаючи на те, що джерела електромагнітних полів зустрічаються в побуті та на роботі більшості людей, тема їх шкідливості раніше обговорювалась рідко в зв'язку із невидимістю цього явища. Останніми роками штучних джерел електромагнітного випромінювання стає у нашому житті все більше і їх негативний вплив суттєво зростає. Це явище тепер пов'язане не тільки з професійною роботою деяких верств населення, а також стосується усіх жителів більшості країн світу, які щоденно використовують мобільні телефони, WI-FI, комп'ютери, мікрохвильові печі та багато іншого обладнання.

Велике гігієнічне значення для забезпечення належних умов життєдіяльності населення має санітарно-гігієнічний стан навколишнього середовища, в тому числі електромагнітного становища населених міст. Електромагнітне становище в містах та інших населених пунктах створюється великою кількістю радіотехнічних та електротехнічних засобів господарського, оборонного та іншого призначення. Головними джерелами електромагнітного випромінювання є радіо-, телевізійні, радіолокаційні об'єкти та високовольтні лінії електропередач.

Аналіз публікацій. Дослідження вітчизняних та зарубіжних науковців

показують [2–5], що електромагнітні випромінювання досить шкідливі як для навколишнього середовища, так і безпосередньо для живих організмів, в тому числі для людини. За даними екологів та медиків, усі діапазони електромагнітного випромінювання впливають на здоров'я і працездатність працівників і мають віддалені наслідки. Такий вплив електромагнітних полів на людину в силу їх значної розповсюженості може бути більш небезпечним, ніж радіація.

Енергетичне навантаження від електромагнітних випромінювань у промисловості і побуті зростає постійно в зв'язку зі стрімким розширенням мережі джерел полів електромагнітної природи, а також із збільшенням їх потужностей, що пов'язано із збільшенням числа приладів, які є потужними джерелами електромагнітного випромінювання.

Мета статті – висвітлення системного аналізу впливу електромагнітного випромінювання від різного роду електричного обладнання на навколишнє середовище. Показано, що електромагнітне випромінювання – небезпечне як для населення в цілому, особливо для дітей, так і для персоналу, який обслуговує потужне обладнання – джерела електромагнітного випромінювання. Такі знання про негативний вплив електромагнітного поля потрібні і під час вивчення відповідних предметів для студентів спеціальностей «Охорона праці» та «Цивільний захист», щоб у своїй професійній роботі фахівці могли максимально захистити працівників від небезпеки.

Виклад основного матеріалу. В Україні норми електромагнітної безпеки регламентують Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів ДСанПіН 3.3.6.096-2002 від 07.09.2009 та Закон України «Про охорону праці» [6; 7]. За цими правилами допустимі рівні інтенсивності електромагнітного випромінювання для цивільного населення становлять

2,5 мкВт/см², на відміну від європейських країн, де допустимі норми встановлені на рівні 100 мкВт/см² [8; 9]. Різниця вражаюча, проте, якщо в Європі всі дотримуються таких норм, то в Україні ні населення, ні влада не мають достовірної інформації про рівні інтенсивності електромагнітного випромінювання, якого вони зазнають.

Багато хто з населення взагалі не знає про небезпеку від штучних джерел електромагнітного випромінювання. Тому інформація про цей вид забруднення навколишнього середовища має бути надана якомога більшій кількості людей, і особливо студентам – майбутнім фахівцям у різних галузях промисловості.

Ми провели дослідження електромагнітного випромінювання з метою захисту населення від потенційного негативного впливу електромагнітного поля у разі перевищення граничних норм, зазначених у нормативно-правових актах. Мета вимірювання наведена в таблиці 1.



Рис. 1. Проведення досліджень ЕМВ

Вимірювання електромагнітного поля проводили в різних регіонах Польщі та України кількома способами: вузькосмуговим, широкосмуговим та широкосмуговим за допомогою селективного вимірювача (рис. 1). Кожен метод застосовували для різних цілей.

Таблиця 1

Мета та характеристики вимірювань електромагнітного поля

Характеристики вимірювання	Вимірювання ЕМВ		
	поблизу базових станцій ЕМВ	в рамках екологічного моніторингу	контрольні вимірювання приладів
Об'єкт	установка радіозв'язку та її оточення	середовище	– медицина: апарати для магнітотерапії та магнітостимуляції; магнетронні прилади; магнітно-резонансна томографія; – торгівля та послуги: протиугінні ворота; – промисловість: індукційні печі, зварювальні апарати, індукційні індуктори
Мета	перевірка дотримання допустимих рівнів після введення в експлуатацію або модифікації станції, захист населення від надмірної радіації	оцінка середнього рівня ЕМВ в навколишньому середовищі	оцінка правильності роботи приладу, на основі вимірювання ЕМВ, величини впливу ЕМВ на працівників
Умови	максимальне навантаження станції	реальне навантаження станції	робота пристрою

Таблиця 2

Зведення середніх арифметичних результатів вимірювань, зроблених у 2020–2022 рр. у Підкарпатському воєводстві (Польща)

Рік вимірювань	міста > 50 тис. мешканців	інші міста	сільські райони
2020	0,53 В/м	0,29 В/м	0,28 В/м
2021	0,31 В/м	0,32 В/м	0,22 В/м
2022	0,57 В/м	0,26 В/м	0,24 В/м
Середнє значення	0,47 В/м	0,29 В/м	0,25 В/м

Таблиця 3

Зведення середніх арифметичних результатів вимірювань, зроблених у 2020–2022 рр. у Хмельницькій області (Україна)

Рік вимірювань	міста > 50 тис. мешканців	інші міста	сільські райони
2020	0,48 В/м	0,35 В/м	0,31 В/м
2021	0,15 В/м	0,13 В/м	0,18 В/м
2022	0,17 В/м	0,14 В/м	0,20 В/м
Середнє значення	0,27 В/м	0,21 В/м	0,23 В/м

За результатами досліджень отримали дані, що стосуються регіонів Польщі, на прикладі Підкарпатського воєводства, для різних населених пунктів та у різні роки (табл. 2). По Хмельницькій області (Україна) дані наведені в таблиці 3.

Як видно з таблиць 2 та 3, тільки для міст із населенням понад 50 тис. мешканців електромагнітне випромінювання більше у польському регіоні порівняно з українською

областю. Робити висновки за цими даними для всієї країни неможливо, тому що результати для різних воєводств Польщі й областей України можуть суттєво різнитись. Це пов'язано з кількістю потужних джерел штучного випромінювання, таких як електростанції, лінії високої напруги, кількість базових станцій мобільного зв'язку, мереж мобільного зв'язку типу 5G тощо. Наведені в таблицях дані показують, що рівні електромагнітних полів не

перевищують допустимих значень згідно з нормативними документами. Але це залежить від відстані і часу перебування людини біля джерела випромінювання.

Якщо джерело випромінювання розташоване у невеликому закритому приміщенні, вплив на організм людини такого випромінювання суттєво збільшується. Такими потужними і досить небезпечними джерелами електромагнітного випромінювання є мобільні телефони, мікрохвильові печі, Wi-Fi та багато іншого електрообладнання, яке ми використовуємо на роботі та в побуті.

В деяких країнах було проведено дослідження можливого розвитку раку молочної залози в осіб, які мають контакт з електромагнітним полем у виробничих умовах або в побуті. Наприклад, у Варшаві дослідження показало, що в осіб, які опромінювались електромагнітним полем, ймовірність розвитку раку лімфатичної системи і кровотворних органів вища в

6 разів, раку щитовидної залози – у 4 рази [5].

Як було зазначено, найбільшу загрозу електромагнітне випромінювання несе у закритих приміщеннях. Так, наприклад, суттєве електромагнітне поле можна спостерігати у наших будинках та квартирах. Це пов'язано з тим, що на невеликій площі може міститись кілька одночасно працюючих джерел електромагнітного випромінювання, а саме: телевізор, комп'ютер або ноутбук, мобільний телефон, включений роутер, пилосос, пральна машина, індукційна плита, холодильник, мікрохвильова піч тощо. Все це спричинює накопичення електромагнітних полів і має назву «електросмог».

Електромагнітний смог (рис. 2) – це розмовний термін для електромагнітного випромінювання різної частоти, що відноситься до діапазону неіонізуючого випромінювання, найчастіше мається на увазі фрагмент радіохвильового діапазону (300 кГц...300 ГГц).

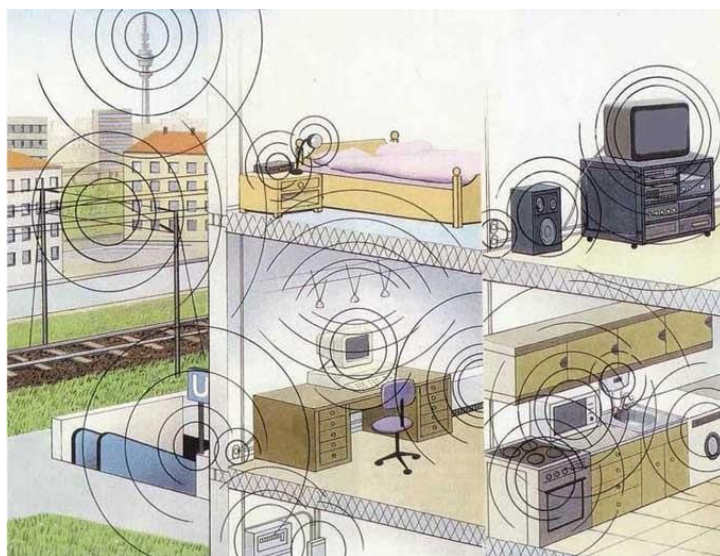


Рис. 2. Електромагнітний смог

Вважається, що електросмог може мати шкідливий вплив на організм людини, а саме:

- на організм впливає канцерогенний фактор – є ознаки того, що надмірне використання мобільного телефону може спричинити безпліддя, а також підвищити ризик раку. Але оператори мереж мобільного

зв'язку хочуть приховати цей факт, бо бояться зменшення доходів;

- відчувається нездужання: з'являється головний біль, безсоння, втома, занепокоєння тощо;

- стає нездоровим сон – кажуть, що наш мозок відпочиває під час сну. На жаль, у цей час він найбільш сприйнятливий до впливу електромагнітного поля. Телефон, захований

під подушкою або біля голови, може викликати ранковий головний біль і новоутворення в разі тривалого впливу.

Вагітні жінки та молоді матері особливо вразливі до несприятливих наслідків цього виду смогу. Він може погіршити нормальний розвиток плоду і навіть збільшити ризик викидня. Негативний вплив не закінчується з пологами. Це може мати більш довгострокові наслідки та впливати на здоров'я нащадків ще довго після їх народження. Дослідження показали, що діти матерів, котрі піддаються щоденному впливу магнітного поля, мають на 74 % більшу ймовірність розвитку астми [1].

Усі пристрої для публічного використання проходять обмежувальні схвалення та відповідають усім стандартам. Користування телефоном не означає, що ми захворіємо на рак. Тільки тоді, коли організм піддається впливу дуже сильного електромагнітного поля, воно може нам нашкодити. Однак це не означає, що не

варто проявляти певну обережність. Прості дії, такі як розмова в навушниках або вимкнення Wi-Fi на ніч, не вплинуть на якість нашого життя і можуть подбати про наше здоров'я.

Висновки

Дослідження електромагнітних випромінювань у навколишньому середовищі показують, що тривалий вплив потужних електромагнітних полів може стати причиною хвороб і навіть смерті людей. Тому слід дотримуватись правил використання штучних джерел електромагнітного випромінювання задля мінімізації шкоди як для здоров'я людей, так і для всього навколишнього середовища.

Ці правила не настільки складні для виконання, але досить ефективні. А для фахівців з охорони праці та цивільної безпеки ці знання дадуть можливість створити безпечні умови праці на робочих місцях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калда Г. С., Шевеля В. В., Беліков А. С., Килимник О. М. Захист від радіаційного та електромагнітного випромінювання : навч. посіб. (гриф МОНмолодьспорту України № 1/11-19107 від 12.12.2012 р). Кам'янець-Подільський, 2013. 448 с.
2. Kalda G., Maj K. Analiza zanieczyszczeń promieniowaniem elektromagnetycznym Podkarpacia. *Jornal of Civil Engineering, Environment and Architecture*. Т. XXXI, z. 61, № 1. Poland, 2014. Pp. 119–134.
3. Kalda G., Wawryca M. Zagrożenie elektromagnetyczne środowiska w Polsce. *Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska*. Z. 57 (1/10), № 271. Poland, 2010. Pp. 31–43.
4. Калда Г. С. Захист від іонізуючого та електромагнітного випромінювання як складова частина предмету «Безпека життєдіяльності». Напрями удосконалення вищої освіти з питань цивільного захисту та безпеки життєдіяльності : зб. матер. Всеукр. наук.-практ. сем. Херсон, 6–7 червня 2012 р. С. 112–115.
5. Бірдус Л. В. Негативний вплив електромагнітного випромінювання на здоров'я та працездатність людини. *Концептуальні засади формування менеджменту в Україні : матер. V наук.-практ. конф.* 17 грудня 2013 р., Київ: «Персонал», 2013. С. 34–37.
6. Закон України «Про охорону праці». № 2694-ХІІ від 14.10.1992. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 1992. № 48. 668 с.
7. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів : ДСанПіН 3.3.6.096-2002. *Офіційний вісник України*. 07.09.2009. № 66.
8. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. 2008. № 25, p. 150.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2007 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku. 2008. № 221, p. 1645.

REFERENCES

1. Kalda G.S., Shevelya V.V., Belikov A.S. and Kilimnyk O.M. *Zakhyst vid radiatsiynoho ta elektromahnitnoho vyprominyuvannya : navchal'nyu posibnyk (hryf MONmolod'sportu Ukrayiny № 1/11-19107 vid 12.12.2012 r.)* [Protection against radiation and electromagnetic radiation : textbook with the stamp of the Ministry of Education and Science of Youth and Sports of Ukraine no. 1/11-19107 from 12.12.2012]. Kamyanets-Podilsky, 2013, 448 p. (in Ukrainian).

2. Kalda G. and Maj K. Analysis of electromagnetic pollution of Podkarpacie. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*. Vol. XXXI, iss. 61, no. 1, 2014, pp. 119–134. (in Polish).

3. Kalda G. and Wawryca M. Elektromagnetic contamination of environment in Poland. *Scientific Journals of the Rzeszów University of Technology, Construction and Environmental Engineering*. Vol. 57(1/10), no. 271, 2010, pp. 31–43. (in Polish).

4. Kalda G.S. *Zakhyst vid ionizuyuchoho ta elektromahnitnoho vyprominyuvannya yak skladova chastyna predmetu "Bezpeka zhyttyediyal'nosti"* [Protection against ionizing and electromagnetic radiation as an integral part of the subject "Life Safety"]. *Napryamy udoskonalennya vyshchoyi osvity z pytan' tsyvil'noho zakhystu ta bezpeky zhyttyediyal'nosti : zbirnyk materialiv Vseukrayins'koho naukovo-praktychnoho seminaru* [Directions for improving higher education in civil protection and life safety : Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical seminar]. Kherson, June 6–7, 2012, pp. 112–115. (in Ukrainian).

5. Birdus L.V. *Nehatyvnyy vplyv elektromahnitnoho vyprominyuvannya na zdorov'ya ta pratsezdattnist' lyudyny* [The negative impact of electromagnetic radiation on health and human performance]. *Zbirka dopovidej na Vseukrayins'kij konferentsii Kontseptual'ni zasady formuvannia menedzhmentu v Ukraini* [Conceptual bases of formation of management in Ukraine]. December 17, 2013, Kyiv : Personnel Publ., pp. 34–37. (in Ukrainian).

6. *Zakon Ukrayiny "Pro okhoronu pratsi" № 2694-XII vid 14.10.1992* [Ukraine Supreme Council Law of Ukraine On Labour Protection, no. 2694-XII of 14.10.1992]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [VVR]*. 1992, no. 48, 668 p. (in Ukrainian).

7. *Derzhavni sanitarni normy i pravyla pry roboti z dzherelamy elektromahnitnykh poliv : DSanPiN 3.3.6.096-2002* [Public health standards and rules when working with sources of electromagnetic fields : State Standards 3.3.6.096-2002]. *Ofitsijnyj Visnyk Ukrainy* [Official Herald of Ukraine]. 07.09.2009, no. 66. (in Ukrainian).

8. The Act of April 27, 2001, Environmental Protection Law. *Journal of Laws*. 2008, no. 25, item 150. (in Polish).

9. Regulation of the Minister of the Environment of November 12, 2007 on the scope and method of conducting periodic tests of the levels of electromagnetic fields in the environment. *Journal of Laws*. 2008, no. 221, item 1645. (in Polish).

Надійшла до редакції: 13.02.2024.

УДК 692.23

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.82.1027

ПЕРІОДИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ В СИСТЕМІ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ

КОЛОХОВ В. В.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

БЛИК В. В.², асп.,

ТКАЧ Т. В.³, канд. техн. наук., доц.

^{1*} Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 362-26-94, e-mail: kolokhov.viktor@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-8223-1483

² Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: kolemasakar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7046-1177

³ Кафедра організації та управління будівництвом, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: tkach.taisiia@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9433-7514

Анотація. Оцінювання технічного стану конструкцій виконується згідно з діючими нормами. Під час такого оцінювання застосовуються різні методи визначення фізико-механічних характеристик матеріалу конструкції. Зазвичай виконується однократне вимірювання, але в окремих випадках необхідно встановити спостереження для визначення поведінки помічених дефектів. Особливої уваги потребують будівлі, які певний час не експлуатувались, а заходи щодо консервації конструкцій не були вжиті. Оскільки умови формування та твердіння бетону у зразках під час встановлення тарувальних залежностей та в конструкції, що експлуатується, різні, чинні методики неруйнівного контролю не достатньо адекватно відображають властивості бетону конструкції. Досвід використання ультразвукових приладів та власні дослідження з метою удосконалення ультразвукового методу дозволили рекомендувати обмежити область застосування цього методу періодичним контролем, оскільки таким чином достатньо легко та точно можна відстежувати відносні зміни в матеріалі конструкції. **Мета** цієї роботи – перевірка дієвості удосконаленого методу проведення періодичного контролю властивостей бетону в умовах реального об'єкта. **Виклад матеріалу.** Оцінено технічний стан конструкцій багатоповерхового будинку. В межах обстеження перевірено можливість модернізованої методики періодичного контролю властивостей бетону конструкцій під час їх експлуатації. До роботи залучено ультразвукові прилади за умови спеціальної підготовки місць проведення вимірювань. Продемонстровано підвищення точності визначення властивостей матеріалу. **Висновок.** Розроблена методика періодичного контролю властивостей бетону конструкцій демонструє невисоку складність виконання робіт та достатню надійність отриманих результатів, що дозволяє запропонувати її для застосування у визначенні технічного стану конструкцій, що експлуатуються.

Ключові слова: бетон; фізико-механічні характеристики; неруйнівні методи контролю

PERIODIC CONTROL OF CONCRETE PROPERTIES IN THE SYSTEM OF TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT FOR HIGH-STORY BUILDING

KOLOKHOV V.V.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

BYLIK V.V.², Postgrad. Stud.,

TKACH T.V.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

^{1*} Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (050) 362-26-94, e-mail: kolokhov.viktor@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-8223-1483

² Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: kolemasakar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7046-1177

³ Department of Organization and Management of Construction, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: tkach.taisiia@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9433-7514

Abstract. The assessment of the structures' technical condition is conducted in accordance with current regulations. During such assessment, various methods are used to determine the physical and mechanical characteristics of the structure's material. Usually, a single measurement is performed, but in some cases, it is necessary to establish observations to determine the behaviour of the observed defects. Particular attention should be paid to buildings that have not been in use for some time and no measures have been taken to preserve the structures. Since the conditions of concrete formation and hardening in the samples during the establishment of taring dependencies and in the structure in operation are different, the existing non-destructive testing methods do not adequately reflect the properties of the structure's concrete. Experience in the use of ultrasonic devices and our own research to improve the ultrasonic method allowed us to recommend limiting the scope of this method to periodic inspection, since it is quite easy and accurate to track relative changes in the material of the structure. **The purpose of this work** – verification of the effectiveness of the improved method of conducting periodic control of concrete properties in the conditions of a real object. **Results.** The technical condition of the structures of the multi-story building was assessed. Within the scope of the survey, the capabilities of the modernized method of periodic control of the concrete structures' properties during their operation were checked. Ultrasonic devices are involved in the work, provided that the measurement sites are specially prepared. An increase in the accuracy of determining material properties has been demonstrated. **Conclusion.** The developed method of periodic control of the concrete structures' properties demonstrates the low complexity of the work and the sufficient reliability of the obtained results, which allows us to propose it for use in determining the technical condition of the structures in operation.

Keywords: concrete; physical and mechanical characteristics; non-destructive testing

Вступ. Діагностування конструкцій виконується під час:

- приймального контролю збірних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення;
- приймального оцінювання технічного стану зведених, капітально відремонтованих або реконструйованих об'єктів;
- контролю технічного стану об'єкта в процесі планових або позачергових оглядів (моніторинг, профілактичний контроль);
- технічних обстежень:
 - при реновації об'єктів незавершеного будівництва;
 - для проектування капітального ремонту і реконструкції;
 - (експертизи) визначення стану ушкоджених конструкцій і аваріях у процесі експлуатації.

Чинні нормативні документи [1–3] регламентують застосування неруйнівних методів контролю та процедур. Попередніми дослідженнями показано [4–10], що діючі методи застосування приладів неруйнівного контролю необхідно вдосконалити, оскільки вони не враховують деяких впливових факторів. Проведені в лабораторних умовах дослідження дозволили модернізувати методики застосування неруйнівних методів

контролю. Для перевірки дієвості запропонованих удосконалень розробку випробовано в умовах реального об'єкта.

Як об'єкт дослідження обрано незавершену будівлю, розташовану в мікрорайоні № 3 л/б частини м. Кам'янське Дніпропетровської області.

Загальний вигляд об'єкта дослідження показано на рисунку 1.



Рис. 1. Загальний вигляд об'єкта дослідження

Запропоновану модернізовану методику застосовано під час обстеження для визначення технічного стану об'єкта

Мета роботи – перевірка дієвості удосконаленого методу проведення періодичного контролю властивостей бетону в умовах реального об'єкта.

Результати досліджень

Оцінку технічного стану будівлі виконано на підставі методики [11].

Під час обстеження здійснено:

- загальний огляд об'єкта та визначення конструктивної схеми будівлі;
- визначення та фотофіксацію дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій;
- виконання схем розташування конструкції та дефектів, місць виконання інструментальних спостережень;
- визначення міцності бетону будівельних конструкцій та періодичний контроль за їх змінами;
- оцінку технічного стану будівельних конструкцій та розробку технічного висновку.

Основні техніко-економічні показники об'єкта обстеження наведено у таблиці 1.

Схема розташування приміщень типового поверху (за даними проекту) представлена на рисунку 2.

незавершеного будівництва 16 поверхового житлового будинку з метою надання рекомендацій стосовно його реконструкції.

У конструктивному відношенні недобудову виконано за жорсткою конструктивною схемою з поздовжніми та поперечними несними монолітними залізобетонними стінами з керамзитобетону та збірними і збірно-монолітними міжповерховими перекриттями.

Просторова жорсткість забезпечується монолітними залізобетонними поздовжніми та поперечними стінами та збірними і збірно-монолітними міжповерховими перекриттями.

Таблиця 1

Основні техніко-економічні показники дослідженої будівлі

№ п.п.	Параметр	Значення
1	Площа забудови	500,18 м ²
2	Будівельний об'єм	25 439,00 м ³
3	В т.ч. цокольної частини	1 400,50 м ³
4	В т.ч. вбудованої частини першого поверху	1 400,50 м ³
5	Кількість квартир	60
6	Рік будівництва	Орієнтовно 1988–1993

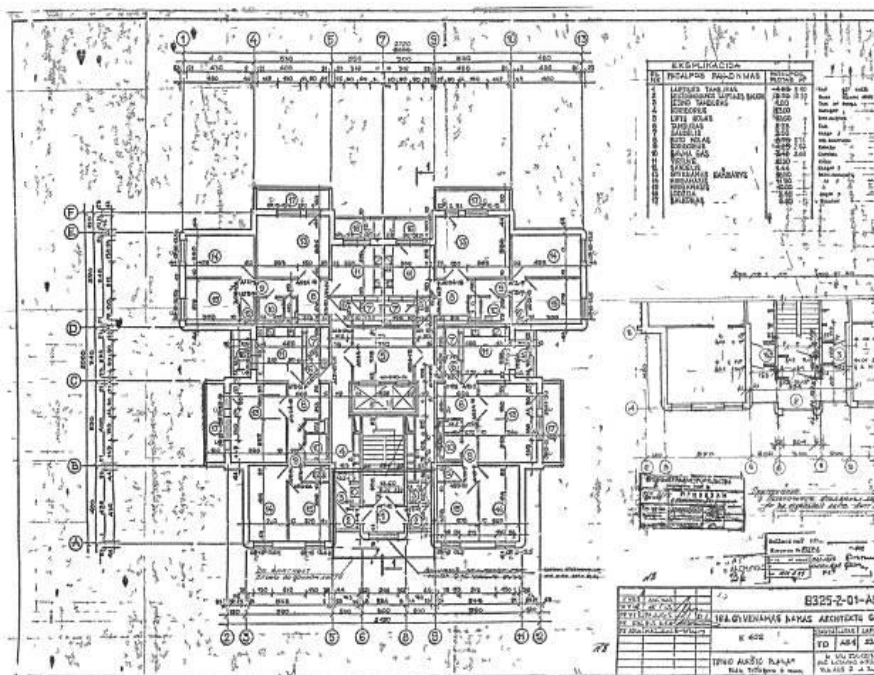


Рис. 2. Схема розташування приміщень типового поверху (за даними проекту) дослідженої будівлі

Під час обстеження виявлено:

- силові руйнування бетону конструкцій та локальні вилучення арматури;
- непробетоновані місця у конструкціях;
- «холодні» шви бетонування;
- усадкові тріщини;
- тріщини у консолях конструкцій;
- корозійні пошкодження арматури та руйнування захисного шару бетону;
- замокання конструкцій;
- біоушкодження ділянок конструкцій;
- корозію металевих конструкцій.

Найбільша частина дефектів пов'язана з навмисним руйнуванням конструкцій, яке здійснювалось для вилучення металу. Характерні дефекти такого типу показані на рисунках 3–5.

Дефектів, які пов'язані з порушенням технології формування конструкцій стін (непробетоновані місця у конструкціях та «холодні» шви бетонування) на порядок менше. Один з таких дефектів наведено на рисунку 6.



Рис. 3. Руйнування бетону конструкцій стін, вилучення арматури та корозія металевих конструкцій



Рис. 4. Руйнування бетону конструкцій стін та вилучення арматури



Рис. 5. Руйнування бетону конструкцій стін та вилучення арматури



Рис. 6. Непробетоновані місця у конструкціях та «холодні» шви бетонування

Через значну кількість дефектів, пов'язаних із втручанням в окремі конструкції будинку, виникає необхідність отримання інформації про наявність чи відсутність процесів деформування конструкцій всього будинку. Найбільш

ефективно (за параметром оптимізації – мінімальні затрати та найбільша адекватність відображення змін) цю задачу може розв'язати модернізована методика застосування ультразвукових приладів неруйнівного контролю.

В межах застосування цієї методики формується центральна система трилатерації для проведення вимірів за різними напрямками (рис. 7).

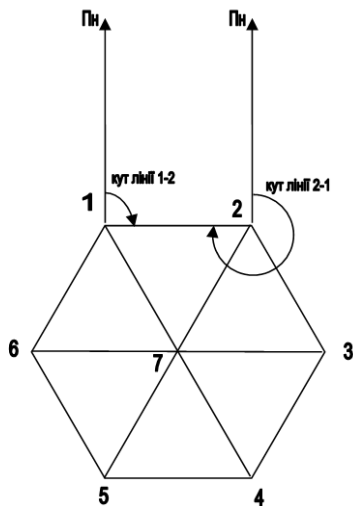


Рис. 7. Схема центральної системи трилатерації

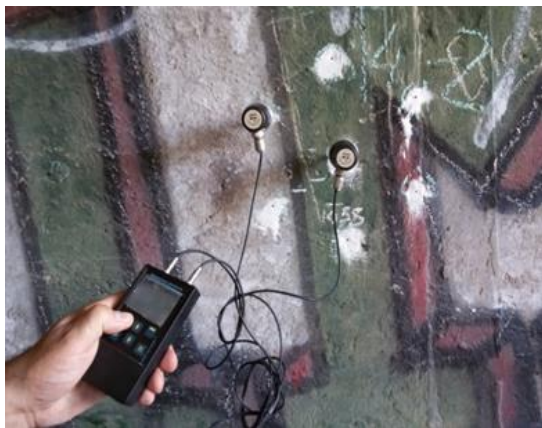


Рис. 8. Розміщення реперних точок та вимірювання часу поширення ультразвукових коливань із застосуванням приладу Novotest ІПСМ

Згідно з центральною системою трилатерації формуються зони проведення вимірювань. В цих зонах формувались по 7 реперних точок (рис. 8) для встановлення приймальників-випромінювачів ультразвуку.

У процесі дослідження вимірюється час поширення ультразвукових коливань та

відстані між реперними точками. Будь-які вимірювання завжди супроводжуються похибками. При цьому в процесі вимірювання математично пов'язаних величин виникають нев'язки, які спричиняють неоднозначність визначення дійсних елементів у лінійно-кутових мережах. Результати врівноважень дозволяють усувати нев'язки, визначати імовірніші значення елементів мережі і виконувати оцінювання їх точності.

Врівноваження може виконуватись корелатним або параметричним методами, в яких застосовуються принципи способу найменших квадратів.

Параметричний спосіб дозволяє отримати в результаті врівноваження значення вихідних параметрів, які безпосередньо пов'язані з вимірними величинами. За допомогою корелатного способу спочатку отримують додаткові множники, які називають корелатами, а потім потрібні величини як їх функції.

Обидва способи врівноваження дають абсолютно однакові результати, але можуть мати різну трудомісткість при розв'язуванні однієї і тієї ж задачі.

Параметричний метод більш універсальний і саме його алгоритм використано у дослідженні.

Швидкість поширення ультразвукових коливань визначена із застосуванням приладу Novotest ІПСМ (серійний № 012.138.0519) відповідно до посібника з експлуатації цього приладу. Призначення приладу (рис. 8): вимірювання міцності бетону та цегли, глибини тріщин, дефектоскопія будівельних конструкцій.

Під час досліджень прилад використовували в режимі вимірювання часу поширення ультразвукових коливань. Виміри проводили з інтервалом 70 діб. Виконано три серії вимірювань часу поширення ультразвукових коливань. Реперні зони облаштовано на першому, третьому, п'ятому, сьомому, дев'ятому та одинадцятому поверхах. Результати вимірів та розрахунків для реперної зони третього поверху наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати вимірів та розрахунків для реперної зони третього поверху

№ п.п.	Напрямок	Довжина (редуковане значення), мм	Дирекційний кут, рад	Час, мс			Швидкість, м/с		
				№ виміру			№ виміру		
				1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12	115.3 839	1.553 498	44.1	44.7	45.1	2 616	2 583	2 556
2	13	208.5 084	0.704 299	73.5	73.8	74.6	2 837	2 824	2 796
3	14	221.9 331	1.244 764	82.6	83.8	83.4	2 687	2 647	2 661
4	15	210.0 952	0.203 064	71.1	72.2	71.8	2 955	2 912	2 927
5	16	112.8 864	0.825 492	39.1	39.6	39.6	2 887	2 853	2 853
6	17	108.8 474	1.236 430	40.9	41.7	41.9	2 661	2 611	2 597
7	23	143.7 541	1.263 153	54.6	55.5	55.3	2 633	2 590	2 601
8	24	216.8 086	0.205 706	75.3	76.2	76.1	2 879	2 846	2 849
9	25	260.8 663	0.649 350	93.0	94.2	93.4	2 805	2 769	2 793
10	26	213.3 158	1.193 665	80.0	81.3	81.1	2 666	2 625	2 630
11	27	131.6 426	0.649 791	44.8	45.9	45.3	2 938	2 867	2 906
12	34	115.6 351	0.862 416	41.2	42.2	42.0	2 807	2 740	2 755
13	35	213.3 473	1.232 682	79.9	81.1	81.1	2 670	2 629	2 631
14	36	248.8 181	1.333 669	95.4	96.5	96.4	2 608	2 578	2 582
15	37	127.3 134	1.315 183	46.6	47.8	47.8	2 732	2 663	2 666
16	45	113.5 406	1.531 473	44.0	45.2	44.5	2 580	2 514	2 549
17	46	203.9 597	0.856 036	73.3	73.6	74.3	2 783	2 771	2 747
18	47	113.0 931	0.318 014	39.0	39.9	39.3	2 900	2 834	2 875
19	56	135.4 438	0.304 342	45.6	46.5	46.1	2 970	2 910	2 935
20	57	129.2 238	0.648 899	45.0	45.9	45.8	2 872	2 813	2 820
21	67	121.5 492	0.217 764	40.6	41.2	41.5	2 994	2 953	2 932

Наведені в таблиці 2 дані демонструють незначні відхилення від середнього значення (найбільше відхилення не перевищує 1,5 %), що свідчить про стабільний стан конструкцій.

Такі відхилення можна пояснити похибкою приладу вимірювання та відмінністю у температурно-вологісному режимі під час проведення окремих

вимірювань. Тобто стан конструкцій будівлі можна кваліфікувати як задовільний.

Висновки

Розроблена методика періодичного контролю властивостей бетону конструкцій демонструє невисоку складність виконання робіт та достатню надійність отриманих результатів, що дозволяє запропонувати її для визначення технічного стану експлуатованих конструкцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. ДСТУ б В. 2.7-220:2009 [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 22690-88); чинний з 2010-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 20 с. (Національний стандарт України).
2. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій: ДСТУ б В. 2.7-223:2009. [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 22690-88); чинний з 2010-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 12 с. (Національний стандарт України).
3. Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності : ДСТУ б В. 2.7-226:2009. [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 17624-87); чинний з 2010-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 27 с. (Національний стандарт України).
4. Колохов В. В. Некоторые аспекты применения методов неразрушающего контроля свойств бетона. *Theoretical Foundations of Civil Engineering : Polish-Ukrainian Transactions : conference*. Варшава, 2012. Вып. 20. С. 443–448.
5. Kolokhov V., Savytskyi M., Sopilniak A., Gasii G. Book Chapter. Time Measurement of Ultrasonic Vibrations Extension in Concrete of Different Compositions. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. Vol 73. Pp. 95–102. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_11

6. Kolokhov V., Sopilniak A., Gasii G., Kolokhov A. Structure material physic-mechanical characteristics accuracy determination while changing the level of stresses in the structure. *International Journal of Engineering and Technology*. 2018. Vol. 7 (4.8). Pp. 74–78. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27217>
7. Колохов В. В., Колохов О. В. Зміна часу поширення ультразвукових коливань у бетоні за зміни умов проведення вимірювань. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 2. С. 95–104.
8. Колохов В. В., Колохов О. В. Деякі аспекти вимірювання часу поширення ультразвукових коливань у бетоні. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 3. С. 58–65.
9. Колохов В. В., Кожанов Ю. О., Зезюков Д. М. Вплив рівня напруги на швидкість розповсюдження ультразвукових коливань у бетоні конструкцій. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 1. С. 49–57.
10. Kolokhov Victor, Savytskyi Mykola, Sopilniak Artem. Stress-strain state of the local area in the building element with structural defect. *Journal of Engineering Science*. Vol. XXVIII, № 1. Technical University of Moldova, 2021. Pp. 111–116. URL: https://jes.utm.md/wp-content/uploads/sites/20/2021/04/JES-1-2021_111-116.pdf
11. ДСТУ-Н Б В.1.2-18. 2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 43 с.

REFERENCES

1. *DSTU B V.2.7-220:2009. Betony. Vyznachennya mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruynivnoho kontrolyu* [DSTU b V. 2.7-220:2009. Building materials. Concretes. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing]. Introduced for the first time (with cancellation of GOST 22690-88); effective from 2010-09-01. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010, 20 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian).
2. *DSTU b V. 2.7-223:2009. Budivel'ni materialy. Betony metody vyznachennya mitsnosti za zrazkamy, vidibrany z konstruksiy* [DSTU b B. 2.7-223:2009. Building materials. Concrete methods for determining the strength of samples taken from structures]. Introduced for the first time (with the abolition of GOST 22690-88); valid from 2010-09-01. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010, 12 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian).
3. *DSTU B V.2.7-226:2009. Betony. Ul'trazvukovyy metod vyznachennya mitsnosti* [DSTU B B.2.7-226:2009. Concrete. Ultrasonic method for determining the strength]. Effective from 2010-09-01. Kyiv : SE Ukrakhbudinform, 2010, 27 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian).
4. Kolokhov V.V. *Nekotorye aspekty primeneniya metodov nerazrushayuscheho kontrolya svoystv betona* [Some aspects of the application of methods of non-destructive testing of concrete properties]. Theoretical Foundations of Civil Engineering : Polish-Ukrainian Transactions : conf. Vol. 20, Warsaw, 2012, pp. 443–448. (in Russian).
5. Kolokhov V., Savytskyi M., Sopilniak A. and Gasii G. Book Chapter. Time Measurement of Ultrasonic Vibrations Extension in Concrete of Different Compositions Lecture Notes in Civil Engineering. 2020, vol. 73, pp. 95–102. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_11.
6. Kolokhov V., Sopilniak A., Gasii G. and Kolokhov A. Structure material physic-mechanical characteristics accuracy determination while changing the level of stresses in the structure. *International Journal of Engineering and Technology*. 2018, vol. 7 (4.8), pp. 74–78. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27217>.
7. Kolokhov V.V. and Kolokhov O.V. *Zmina chasu poshyrennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni za zminy umov provedennya vymiryuvan'* [Change of propagation time of ultrasonic oscillations in concrete with changes in measurement conditions]. *Visnyk Prydniprovsk'oyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2019, no. 2, pp. 95–104. (in Ukrainian).
8. Kolokhov V.V. and Kolokhov O.V. *Deyaki aspekty vymiryuvannya chasu poshyrennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni* [Some aspects of measuring the propagation time of ultrasonic vibrations in concrete]. *Visnyk Prydniprovsk'oyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2019, no. 3, pp. 58–65. (in Ukrainian).
9. Kolokhov V.V., Kozhanov Yu.O. and Zeziukov D.M. *Vplyv rivnya napruhy na shvydkist' rozpovsyudzhennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni konstruksiy* [Influence of stress level in concrete constructions at ultrasound speed]. *Prydniprovsk'oyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2019, no. 1 (249–250), pp. 49–57. (in Ukrainian).
10. Kolokhov Victor, Savytskyi Mykola, Sopilniak Artem. Stress-strain state of the local area in the building element with structural defect. *Journal of Engineering Science*. Vol. XXVIII, no. 1. Technical University of Moldova, 2021, pp. 111–116. URL: https://jes.utm.md/wp-content/uploads/sites/20/2021/04/JES-1-2021_111-116.pdf
11. *DSTU-N B V.1.2-18. 2016. Nastanova shchodo obstezhennya budivel' i sporud dlya vyznachennya ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu* [DSTU-N B V.1.2-18. 2016. Instructions on the inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition]. Kyiv : SE UkrNDNC, 2017, 43 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 12.02.2024.

УДК 378.4(44)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.89.1028

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕДАГОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИКЛАДАЧІВ НІМЕЧЧИНИ (НА ПРИКЛАДІ ФРАЙБЕРЗЬКОЇ ГІРНИЧОЇ АКАДЕМІЇ)

ЛИСЕНКО Г. І.^{1*}, канд. іст. наук, доц.,

МОСЬПАН А. В.,² студ.

^{1*} Кафедра українознавства, документознавства та інформаційної діяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0562) 46-94-98, e-mail: lysenko.halyna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6216-5025

² Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: angelinamospan@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-9246-447X

Анотація. Постановка проблеми. За впливу процесів євроінтеграції, глобалізації і, зокрема, з метою побудови єдиного європейського простору вищої освіти, важливим завданням освітян України стало вивчення практичного досвіду закордонних колег, зокрема, стосовно удосконалення педагогічної компетентності викладачів у закладах вищої технічної освіти. Наше дослідження спрямоване на вивчення вдосконалення педагогічної компетентності викладачів у Фрайберзькій гірничій академії (де одна з авторок статті навчається за програмою подвійного дипломування). Зважаючи на високі стандарти, що висуваються німецьким суспільством до викладачів, які відповідають за підготовку молодих фахівців, вважаємо за необхідне детально проаналізувати особливості сучасної системи підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині, щоб мати можливість удосконалити українську систему підготовки/перепідготовки науково-педагогічних кадрів для закладів вищої технічної освіти. **Мета статті** – дослідити шлях професійного розвитку, який долають німецькі викладачі; а також проаналізувати інноваційні методи та програми, які допомагають їм стати не лише фахівцями у своїй галузі, а й ефективними педагогами. Ми прагнемо зробити внесок у розуміння процесу освіти в Німеччині та виявити практики, які можуть бути корисними в контексті удосконалення вищої освіти України. **Висновки.** Розгалужена німецька система перепідготовки та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів (представлена державними академіями/інститутами підвищення кваліфікації, а також спеціальними центрами педагогічної освіти у структурі вишів) спрямовується на всебічну підтримку викладацьких кадрів з метою їх безперервного професійного зростання як державних службовців, відповідальних за якісну підготовку молодих фахівців для потреб провідної держави ЄС. Важливо зазначити нагальну необхідність використання здобутків німецького досвіду практичної підготовки і підвищення кваліфікації викладачів в українській системі підготовки та перепідготовки педагогічних та науково-педагогічних кадрів у сфері фахової передвищої та вищої освіти. Проведений аналіз процесу удосконалення педагогічної компетентності викладачів у Фрайберзькій гірничій академії дає підстави стверджувати, що це завдання – ключове для забезпечення якісної освіти у ЗВО. Фрайберзька академія активно інвестує у програми підвищення кваліфікації та розвитку своїх викладачів. Ці програми охоплюють різні аспекти, починаючи з технічних оновлень до педагогічних інновацій. Поєднання курсів підвищення кваліфікації викладачів із керівництвом виробничою практикою студентів наочно свідчить про вдало організовану у німецькому суспільстві дуальну форму здобуття освіти, яка наразі активно впроваджується в Україні.

Ключові слова: професійно-педагогічна компетентність; порівняльний аналіз; система вищої освіти України та Німеччини; викладачі; підвищення кваліфікації; Фрайберзька гірнича академія

DEVELOPING THE PEDAGOGICAL COMPETENCE OF GERMAN TEACHERS (EXPERIENCE OF TU BERGAKADEMIE FREIBERG)

LYSENKO G. I.^{1*}, Cand. Sc. (Hist.), Assoc. Prof.,

MOSPAN A.², Stud.

^{1*} Department of Ukrainian Studies, Documentation and Information Activity, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (0562) 46-94-98, e-mail: lysenko.halyna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6216-5025

² Department of Materials Science and Materials Processing, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: angelinamospan@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-9246-447X

Abstract. Problem statement. Under the influence of European integration, globalisation and with the aim of building a single European higher education area, an important task for Ukrainian educators is to study the practical experience of foreign colleagues, in particular, in improving the pedagogical competence of teachers in higher technical education institutions. This study aims to investigate the issue of improving the pedagogical competence of teachers at the TU Bergakademie Freiberg (where one of the authors is studying under a double degree programme). Given the high standards set by German society for teachers responsible for training young professionals, we consider it necessary to analyse in detail the features of the current system of teacher training in Germany in order to be able to improve the Ukrainian system of training/retraining of scientific and pedagogical staff for higher technical education institutions. **The purpose of the article** is to investigate the professional development path that German teachers go through; and to analyse the innovative methods and programmes that help them become not only specialists in their field, but also effective teachers. Through this research, we aim to contribute to the understanding of the education process in Germany and to identify practices that may be useful in the context of improving higher education in Ukraine. **Conclusions.** The developed German system of retraining and professional up-skilling of pedagogical staff (represented by state academies/in-service training institutes and special centres of teacher education within universities) is aimed at comprehensive support of teaching staff for their continuous professional growth as civil servants responsible for the quality training of young professionals for the needs of the leading EU state. It is important to note the urgent need to use the achievements of German experience in practical training and professional up-skilling of teachers in the Ukrainian system of training and retraining of pedagogical and scientific-pedagogical staff in the field of professional pre-university and higher education. The analysis of the process of improving the pedagogical competence of teachers at the TU Bergakademie Freiberg gives grounds to assert that this task is key to ensuring quality education in higher education institutions. It is worth emphasising that the TU Bergakademie Freiberg actively invests in programmes for the professional development of its teachers. These programmes cover various aspects, ranging from technical updates to pedagogical innovations. The combination of professional up-skilling courses for teachers and supervision of students' internships is a clear indication of the dual form of education that is well organised in German society and is currently being actively implemented in Ukraine.

Keywords: professional and pedagogical competence; comparative analysis; higher education system of Ukraine and Germany; teachers; up-skilling; TU Bergakademie Freiberg

Постановка проблеми. Сучасна освітня парадигма вимагає від викладачів постійного розвитку та поліпшення їх професійних навичок. У рамках цього контексту питання підвищення педагогічної компетентності стає ключовим у сфері вищої освіти. Для німецьких вузів це завдання має вищий пріоритет, оскільки якісне навчання безпосередньо пов'язане з досвідом і кваліфікацією викладацького складу.

За впливу процесів євроінтеграції, глобалізації і, зокрема, з метою побудови єдиного європейського простору вищої освіти, важливим завданням освітян України стало вивчення практичного досвіду закордонних колег, зокрема, стосовно удосконалення педагогічної компетентності викладачів у закладах вищої технічної освіти.

Наше дослідження спрямоване на вивчення вдосконалення педагогічної компетентності викладачів у Фрайберзькій гірничій академії (де одна з авторок статті

навчається за програмою подвійного дипломування). Ми розглянемо ключові аспекти цього процесу та стратегії, які застосовує академія для підтримки та розвитку свого викладацького складу.

Зважаючи на високі стандарти, що висуваються німецьким суспільством до викладачів, які відповідають за підготовку молодих фахівців, вважаємо за необхідне детально проаналізувати особливості сучасної системи підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині, щоб мати можливість удосконалити українську систему підготовки/перепідготовки науково-педагогічних кадрів для закладів вищої технічної освіти.

Аналіз публікацій. Система професійної освіти в Німеччині, зокрема, її становлення і розвиток, стала предметом уваги багатьох вітчизняних дослідників – Неллі Абашкіної, Ніни Батечко та інших, чий наукові доробки були детально проаналізовані впродовж нашого дослідження [1; 2; 8]. Серед закордонних

досліджень, присвячених питанням підготовки викладачів для системи професійної освіти Німеччини, виділяються роботи Thomas Deissinger у співпраці з Vera Braun та Oksana Melnyk, які простежили особливості практико-орієнтованої частини підготовки німецьких викладачів закладів професійної освіти [6]. Дослідження Matthew A. M. Thomas and Jacqueline Mosselson стало теоретичною основою для проведення порівняльного аналізу процесів підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині та Україні [14].

Мета статті – дослідити шлях розвитку, який долають німецькі викладачі, а також проаналізувати інноваційні методи та програми, що допомагають їм стати не лише фахівцями у своїй галузі, а й ефективними педагогами. Цим дослідженням ми прагнемо зробити внесок у розуміння процесу освіти в Німеччині та виявити практики, які можуть бути корисними в контексті удосконалення вищої освіти України.

Важливо наголосити, що наше дослідження виконується в рамках роботи *Лабораторії педагогічної майстерності кафедри українознавства, документознавства та інформаційної діяльності ПДАБА*, одне із завдань якої – порівняльне вивчення розвитку вищої освіти в освітніх системах різних країн та прогнозування розвитку педагогічного процесу залежно від перспектив науки і потреб суспільства України у повоєнний час.

На нашу думку, з метою удосконалення української системи підвищення кваліфікації викладачів для закладів вищої технічної освіти необхідно детально розглянути прогресивну систему підготовки викладачів професійної освіти сучасної Німеччини, спираючись, зокрема, на аналіз Стандартів для викладачів у галузі освітніх наук (Standards für die Lehrerbildung).

Завдання: 1) охарактеризувати Стандарти для викладачів у галузі освітніх наук (Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften) та визначити їх вплив на удосконалення сучасної німецької системи підвищення кваліфікації викладачів Німеччини; 2) проаналізувати особливості

системи підвищення кваліфікації викладачів у Фрайберзькій гірничій академії; 3) скласти порівняльну характеристику процесів підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині та Україні.

Виклад основного матеріалу. У цілому слід визнати високий рівень підготовки викладачів професійної освіти у Німеччині, про що свідчить тривалість і складність системи їх підготовки, що включає три етапи. Автори звіту, підготовленого в рамках проекту Erasmus+, що фінансується за підтримки Європейської комісії [4], зазначають, що, на відміну від інших країн, професійна підготовка викладачів та професійні вимоги до майбутніх викладачів у Німеччині більш інституціалізовані та складніші порівняно з іншими європейськими країнами.

Перший етап передбачає навчання на бакалавраті та в магістратурі за педагогічними спеціалізаціями; на другому етапі здійснюється підготовче стажування (на базі навчального закладу); третій пов'язаний з подальшим підвищенням кваліфікації [4, с. 25, 26]. Важлива роль у якісній професійній підготовці німецької молоді належить викладачам, які виступають для своїх вихованців зразком високої освіченості, володіючи як педагогічними, так і фаховими компетентностями, і спрямовані на постійне підвищення своєї кваліфікації.

Саме третій етап підготовки викладачів професійної освіти посідає особливе місце в німецькій освітній системі, оскільки підвищення кваліфікації розглядається як можливість забезпечити постійний розвиток професійних навичок викладачів та удосконалити їх фахові компетентності. Підвищення кваліфікації кадрів у професійній та педагогічній галузях відбувається відповідно до сучасного рівня розвитку науки та техніки, а також з урахуванням вимог, що висуваються роботодавцями Німеччини.

Постійна конференція міністрів освіти і культури федеральних земель Німеччини (КМК) у 2004 р. підготувала *Стандарти для викладачів у галузі освітніх наук* (перегляд

станом на 16.05.2019), де визначено та детально розписано основні компетентності викладачів [10]. У стандартах закріплена триетапність педагогічної підготовки викладачів професійної освіти, і хоча етап підвищення кваліфікації (третій) докладно не розглядається у документі, але зазначається, що представлені навички є також цілями безперервного навчання у професії викладача [10, с. 2–4].

На нашу думку, саме четверта категорія, позначена в *Стандартах* як «інновації» (компетентності 9–11) фокусується на постійному (впродовж усього життя) розвитку викладацької компетентності у напрямку соціального, культурного та технологічного розвитку та на усвідомленні викладачами своєї професії як державної посади з особливою відповідальністю та обов'язками. Саме тому Стандарт покладає на майбутніх викладачів обов'язок *постійно розмірковувати про свій професіоналізм, досвід та навички, а також про свій професійний розвиток, і робити з цього висновки; використовувати результати освітніх досліджень у своїй роботі; документувати свою роботу та свої результати для себе та інших; давати зворотний зв'язок та використовувати відгуки інших для оптимізації своєї педагогічної роботи; користуватися пропозиціями індивідуального та спільного навчання та підвищення кваліфікації; використовувати можливості цифрових технологій для співпраці та професіоналізації* [10, с. 13, 14].

Система підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині – одна із найстаріших у Європі. Вже у XIX ст. союзи вчителів та університети докладали багато зусиль до того, щоб поглиблювати набуті в ході первинної підготовки знання та приводити їх у відповідність із суспільним розвитком.

Наприкінці XX ст. у зв'язку з особливостями соціокультурної ситуації, питанням підвищення кваліфікації викладачів вищих навчальних закладів стали приділяти особливу увагу: почали функціонувати ретельно організовані та

розроблені програми, спрямовані на систематичне підвищення кваліфікації педагогічних кадрів чи отримання ними додаткових кваліфікацій [13].

Підвищення кваліфікації у Німеччині – це обов'язок викладача як державного службовця. Так, наприклад, у Землі Саксонія, де розташовується Фрайберзька академія, обов'язок підвищення кваліфікації прописано в § 40 абз. 2 «Закону про освіту у виші» [9].

Загалом у Німеччині послуги з перепідготовки та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів надають різні установи, зокрема: 1) державні академії та інститути підвищення кваліфікації; 2) спеціальні центри педагогічної освіти, які діють у структурі німецьких вишів.

Удосконалення професійної майстерності викладачів у Фрайберзькій гірничій академії здійснюється в основному на базі інститутів підвищення кваліфікації, які є у кожній Федеральній Землі. Така регіональна структура забезпечує чітку адресність та зворотний зв'язок, що дозволяє коригувати роботу інституту підвищення кваліфікації. Важливим постає принцип децентралізації, згідно з яким кожна установа щорічно подає план заходів щодо підвищення кваліфікації в окружну адміністрацію [11].

Завдання академій та інститутів підвищення кваліфікації викладачів такі:

- 1) забезпечення змісту та організації підвищення педагогічної кваліфікації;
- 2) отримання та поширення інформації;
- 3) організація, координація та участь у науково-дослідних розробленнях та проектах;
- 4) надання науково-методичної допомоги ЗВО;
- 5) вивчення, узагальнення та поширення досвіду освітніх установ та окремих працівників з інноваційних технологій освіти;
- 6) участь в експертизах та професійній атестації науково-педагогічних кадрів та освітніх установ [5].

Основні напрямки діяльності, доступні викладачам технічного університету у місті Фрайберг для підвищення кваліфікації:

- участь у семінарах та конференціях у різних університетах, у різних федеральних землях Німеччини та поза країною, з різною тривалістю (від одного дня до місяця);

- участь у курсах підвищення кваліфікації для викладачів тривалістю 1–2 роки з відривом та без відриву від основної роботи;

- консультації з іншими викладачами;

- участь у «відкритих лекціях», на яких присутні викладачі, котрі бажають перейняти передовий досвід, а заняття ведуть викладачі з інших, у т.ч. закордонних, інститутів (академій);

- участь у роботах, спрямованих на публікації довідників, посібників, поширення нових методів навчання, дидактичних матеріалів тощо.

Таким чином, основними складовими підвищення кваліфікації викладачів Фрайберзької академії слід визнати науково-дослідницьку, навчально-методичну, організаційно-педагогічну, координаційно-управлінську, а також видавничу компоненти [15].

Варто зазначити, що у структурі академії діє *спеціальний центр*, котрий взаємодіє з відділами, в яких здійснюється підвищення кваліфікації. Основне завдання цього спеціального центру – здійснення координації між викладачами та структурами, які надають послуги з підвищення кваліфікації. Додаткове завдання центру – *подолання розриву між окремими етапами та компонентами педагогічної освіти*.

Крім координаційних функцій, такі центри у німецьких ЗВО виконують самостійні науково-освітні завдання. Вони можуть бути реалізовані в межах науково-дослідницької діяльності, яка не обмежується федеральною землею або країною; аналогічно, здійснюється організація курсів підвищення кваліфікації, які також проходять як у рамках Німеччини, так і поза її межами [12].

Викладачі Фрайберзької академії навчаються на *короткострокових або довгострокових курсах підвищення кваліфікації*. Прискорена (короткострокова) програма складається з кількох лекцій та циклу практичних занять (які проводяться на діючих заводах та підприємствах), а також консультаційних курсів і реалізується без відриву від роботи. Багато хто з викладачів, які підвищують кваліфікацію на цих курсах, одночасно керують виробничою практикою студентів, що створює сприятливі умови для зміцнення контактів між університетом та індустрією. Також існують однорічні курси з відривом від основної роботи з урахуванням місцевих особливостей та проблем.

Також удосконалення кваліфікації викладачів відбувається шляхом *участі у конференціях*, куди поміж інших запрошуються викладачі, які не лише займаються науковою роботою, а й беруть активну участь у роботі підприємств.

Важливо наголосити, що система підвищення професійно-педагогічної кваліфікації у Фрайберзькій академії гнучка, що дає викладачам максимум зручностей в організації їх робочого та вільного часу: це різні варіанти перепідготовки на вибір; різні форми вдосконалення своєї професійної майстерності; підвищення кваліфікації за рахунок неповного робочого дня (оскільки удосконаливати компетентності та підвищувати кваліфікацію можна як з відривом, так і без відриву від викладацької діяльності) тощо. Після закінчення курсів підвищення кваліфікації викладачі одержують спеціальний документ, що підтверджує факт проходження певних курсів та має велике значення для професійного зростання.

У кожній Федеральній Землі Німеччини розроблені та діють *програми перепідготовки та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів*, які щорічно оновлюються. *Основні напрямки перепідготовки та підвищення кваліфікації викладачів згідно з цією програмою в Саксонії, такі:* [15]

1) у галузі розвитку освіти: вивчення освітніх стандартів у теорії та на практиці; оцінення результатів, діагностика та заохочення індивідуальних результатів навчання; вивчення нових форм діагностики, опанування активних форм навчання, методичних та наукових інновацій;

2) у сфері особистого розвитку: підвищення кваліфікації та підготовка керівних кадрів; розширення технічних та педагогічних навичок викладачів; підвищення кваліфікації з консультування та підтримки;

3) у галузі медіа-освіти: використання мультимедіа у навчальному процесі; віртуальне навчання та його форми роботи (дистанційне навчання, віртуальні спільноти); застосування медіа-інформаційних технологій консалтингу;

4) у галузі виховання ціннісних відносин в академічному середовищі: соціальне навчання та розвиток особистості, міжкультурне та міжрелігійне навчання, естетичне виховання, політична освіта [5].

Зважаючи на неоднорідну структуру системи підвищення кваліфікації в різних Федеральних Землях, у Німеччині 30 років тому створено транснаціональну організацію «Німецька асоціація зі сприяння підвищення кваліфікації викладачів» («Deutscher Verein zur Förderung der Lehrerinnen-und Lehrerfortbildung (DVLfB)» [7]), яка проводить наради на регулярній основі, обговорюючи та координуючи основні теми та проблеми перепідготовки та підвищення кваліфікації педагогів. Кожен викладач, який прагне у будь-якому вигляді підвищити власну кваліфікацію, отримує реальну допомогу у подоланні професійних труднощів та має доступ до необхідної інформації. Провідними цілями підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині бачиться формування таких якостей, як розвиток творчості, наукова спрямованість, вміння інтегрувати різноманітні методи та прийоми в освітньому процесі.

Як уже наголошувалося, комплексна система підвищення кваліфікації викладачів у ФРН представлена великою

різноманітністю традиційних та інноваційних форм удосконалення професійної майстерності: *навчальні курси (короткострокові та довгострокові, з відривом та без відриву від роботи), різні семінари, майстер-класи, педагогічні конференції та педагогічні майстерні, супервізія, модерація та дистанційне навчання* [7].

Педагогічні майстерні – це результат нововведених реформ у Німеччині. Кожна майстерня має свою специфіку, працює за строго вибраним профілем. Означені навчальні лабораторії дозволяють брати педагогам активну участь у практичній діяльності, організовуючи комунікацію з більш досвідченими колегами та шляхом реалізації ідей учасників проекту, розроблених під час професійного спілкування. У майстернях створено умови для кооперації та взаємодії з метою обміну досвідом викладачів, об'єднаних одним науковим напрямком.

У сучасній німецькій педагогіці розроблено систему *супервізії* фахівців, що здійснюється в індивідуальній та груповій формах. *Педагогічна супервізія* – це професійне консультування та супровід педагога-початківця більш досвідченим фахівцем. Вона включає такі компоненти як модерування, консультування, створення психологічно комфортних умов, виправлення професійних помилок, сприяння розвитку та саморозвитку працівників освіти, формування додаткових компетенцій у рамках компенсальної освіти в системі підвищення кваліфікації педагогічних кадрів.

Модерація – це оригінальна форма підвищення кваліфікації, яка застосовується в системі державного підвищення кваліфікації Німеччини, у практиці внутрішньоакадемічного підвищення кваліфікації педагогів, а також в управлінській діяльності керівників.

Дослідження різних підходів до поняття «модерація», що склалися в працях німецьких педагогів, дозволило розглядати її як особливу форму консультування та керівництва діяльністю груп дорослих

людей у процесі навчання, при цьому головним у цій формі є не зміст, а шляхи та методи, які повинні допомогти групі використати свої внутрішні резерви для вирішення проблем професійної підготовки.

Підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині нині розглядається як важлива ланка, яка сприяє успішному набуттю та вдосконаленню професійних компетентностей. Ця система підвищення кваліфікації стала потужним чинником економічного, політичного, суспільного та культурного життя країни.

Вона охоплює загальну та професійну сфери, сприяє ефективній підготовці педагогічних кадрів, безперервно розвивається та вдосконалюється. Таким чином, модернізація системи підвищення кваліфікації у ФРН – це один із пріоритетних напрямів державної політики, що забезпечує зростання творчої, різнобічної індивідуальності фахівця.

Порівняння процесів підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині та Україні

Підвищення кваліфікації викладачів – важливий аспект освітньої системи, що впливає на якість навчання та професійну підготовку здобувачів освіти. На нашу думку, у контексті входження України до Європейського простору вищої освіти варто проаналізувати відмінності та схожості у процесах підвищення професійної кваліфікації викладачів Німеччини та України.

У Німеччині процес підвищення кваліфікації викладачів тісно пов'язаний із системою вищої освіти та постійним оновленням знань. Викладачі часто мають доступ до різноманітних програм підвищення кваліфікації, що охоплюють як нові методики викладання, так і актуальні теми у своїй галузі. Цей процес інтегрований у їхнє професійне життя та активно підтримується німецькими закладами освіти.

В Україні процес підвищення кваліфікації викладачів часто стикається з обмеженнями, такими як брак фінансування та недосконалі механізми підтримки. Разом із тим, наявне прагнення з боку держави поліпшити цю ситуацію [3]. Програми підвищення кваліфікації можуть бути різноманітними, проте іноді виявляються менш структурованими та доступними.

Обидві країни надають великого значення якості освіти та розуміють, що професійний розвиток викладачів безпосередньо впливає на освітній процес. В обох країнах спостерігається зростаюча потреба в адаптації до нових методик навчання, використання сучасних технологій та врахування змін у соціокультурному середовищі.

Процеси підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині та Україні свідчать про важливість системної підтримки з боку держави та необхідність розроблення структурованих програм. Ефективна система підвищення кваліфікації сприяє створенню освітнього середовища, яке відповідає сучасним вимогам та сприяє якісному навчанню [14].

Порівняння процесів підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині та Україні дозволяє виділити низку важливих аспектів, що визначають особливості систем освіти в обох країнах.

Порівняльний аналіз наочно демонструє, що Німеччина має більш структуровану та підтримувану систему підвищення кваліфікації викладачів. Україні, у свою чергу, необхідно поліпшити доступ до програм, що підтримуються, стандартизувати процеси та збільшити державну підтримку. Обидва підходи мають свої сильні сторони і обмін досвідом між країнами може сприяти додатковому розвитку освітніх систем.

Особливості систем освіти та процесів підвищення кваліфікації викладачів Німеччини та України

Німеччина	Україна
<i>Система вищої освіти</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - Німеччина славиться високою якістю освіти. Заклади вищої освіти пропонують здобувачам широкий вибір програм та курсів. - Процес підвищення кваліфікації у Німеччині тісно пов'язаний з університетською системою. Викладачі беруть активну участь у наукових дослідженнях, міжнародних конференціях та застосовують новітні методики навчання. 	<ul style="list-style-type: none"> - Система освіти в Україні також пропонує різноманітні освітні програми, але стикається з викликами, такими як обмежені фінансові ресурси. - Процеси підвищення кваліфікації в Україні часто різноманітні та залежать від зусиль окремих викладачів. Націленість на інновації може бути різною та залежить від можливостей установи.
<i>Фінансування та державна підтримка</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - У Німеччині існує високий рівень державного та приватного фінансування. Німеччина надає широкі можливості державної підтримки через гранти, стипендії та фінансування освітніх проєктів. Викладачі можуть отримувати стипендії для навчання провідних фахівців у своїй галузі. - Професійні асоціації та університети надають підтримку у вигляді семінарів, конференцій та курсів підвищення кваліфікації. 	<ul style="list-style-type: none"> - В Україні процеси підвищення кваліфікації викладачів можуть обмежуватися нестачею фінансування. Це впливає на доступність структурованих програм та навчання за кордоном. - В Україні державна підтримка менш структурована, що може створювати додаткові труднощі щодо доступу до програм підвищення кваліфікації.
<i>Інтеграція технологій</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - Німеччина активно інтегрує сучасні технології в освітній процес. Викладачі мають доступ до навчання в галузі використання цифрових інструментів та інтерактивних методик викладання. 	<ul style="list-style-type: none"> - В Україні технологічні інновації можуть бути запроваджені на рівні окремих викладачів. - Викладачі можуть брати участь у тренінгах та семінарах, але доступ до фінансування та ресурсів обмежений.
<i>Культура професійного розвитку</i>	
<p>У Німеччині культура професійного розвитку викладачів більш структурована та систематизована, що сприяє інтеграції нових знань у навчальний процес.</p>	<p>В Україні зусилля викладачів часто спрямовуються у бік інновацій, але частіше вони можуть залежати тільки від власних ініціатив.</p>
<i>Дослідження</i>	
<p>Викладачі беруть активну участь у дослідницькій діяльності, що сприяє підвищенню кваліфікації.</p>	<p>Інтенсивність досліджень може відрізнятися залежно від фінансування та структури ЗВО.</p>
<i>Методи навчання</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - Практичний підхід: В освітньому процесі акцент робиться на практичних навичках та прикладних знаннях. - Система dual education: Можливість навчання на робочому місці. 	<ul style="list-style-type: none"> - Теоретичний підхід: У деяких випадках переважає акцент на теоретичних аспектах навчання. - Потреба у вдосконаленні: Процеси навчання можуть вимагати додаткового вдосконалення для ефективнішого використання сучасних методів.
<i>Суспільство та культурні особливості</i>	
<p>Суспільство високо цінує освіту, що сприяє активній участі викладачів у процесах підвищення кваліфікації. Професійна спільнота викладачів має високий соціальний статус.</p>	<p>Україна постійно перебуває в умовах, що змінюються, та змушена долати виклики, зумовлені соціально-економічними, суспільно-політичними, а з 2014 р. – воєнно-політичними факторами.</p>

Порівняння процесів підвищення кваліфікації викладачів у Німеччині та Україні включає низку ключових аспектів, таких як структура системи освіти, доступ до ресурсів, методи навчання, фінансування, а також суспільство та культурні

особливості. Обидві країни працюють над підвищенням кваліфікації своїх викладачів, але стикаються з унікальними викликами та особливостями у зв'язку з відмінностями у культурі, фінансуванні та системах освіти. Ефективні стратегії повинні враховувати

контекст кожної країни, забезпечуючи викладачам кошти на успішне підвищення своєї кваліфікації.

Висновки

Розроблені в Німеччині Стандарти для викладачів у галузі освітніх наук (Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften) ефективно впливають на реалізацію програм підготовки і підвищення кваліфікації викладачів, вимагаючи сформування та подальшого удосконалення у них компетентностей у сфері викладання, виховання, оцінювання та запровадження інновацій.

Розгалужена німецька система перепідготовки та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів (представлена державними академіями/інститутами підвищення кваліфікації, а також спеціальними центрами педагогічної освіти у структурі вишів) спрямовується на всебічну підтримку викладацьких кадрів із метою їх безперервного професійного зростання як державних службовців, відповідальних за якісну підготовку молодих фахівців для потреб провідної держави ЄС.

Важливо зазначити нагальну необхідність використання здобутків німецького досвіду практичної підготовки і підвищення кваліфікації викладачів в українській системі підготовки та перепідготовки педагогічних та науково-педагогічних кадрів у сфері фахової передвищої та вищої освіти. Проведений аналіз процесу удосконалення педагогічної компетентності викладачів у Фрайберзькій

гірничій академії дає підстави стверджувати, що це завдання є ключовим для забезпечення якісної освіти у ЗВО.

Систематичний розвиток та підтримка викладацького складу відіграють важливу роль у досягненні високих стандартів освіти та впливають на професійне зростання викладача та всього закладу. Фрайберзька академія активно інвестує у програми підвищення кваліфікації та розвитку своїх викладачів. Ці програми охоплюють різні аспекти, починаючи з технічних оновлень до педагогічних інновацій.

Поєднання курсів підвищення кваліфікації викладачів із керівництвом виробничою практикою студентів свідчить про вдало організовану у німецькому суспільстві дуальну форму здобуття освіти, яка наразі активно впроваджується в Україні.

У Фрайберзькій академії в контексті удосконалення педагогічної компетентності увага приділяється не лише технічним аспектам, а й розвитку «м'яких» навичок викладачів, таких як комунікація, міжособистісна взаємодія та адаптація до різноманітної студентської аудиторії. Таким чином, удосконалення педагогічної компетентності викладачів у Фрайберзькій академії – це невід'ємний елемент стратегії розвитку освіти, спрямований на підтримку високих стандартів та відповідність сучасним вимогам навчання, що, зокрема, відповідає місії найстарішого гірничого університету світу *TU Bergakademie Freiberg*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абашкіна Н. В. Розвиток професійної освіти в Німеччині (кінець XIX–XX ст.) : автореф. дис. Київ : ІПППО АПН, 1999. 46 с.
2. Батечко Н. Г. Теоретико-методологічні засади підготовки викладачів вищої школи в умовах магістратури. Київ : НУБПУ, 2016. 669 с.
3. Постанова КМУ від 21.08. 2019 р. № 800 «Деякі питання підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників» (із змінами, внесеними згідно з Постановою від 27.12.2019 р. № 1133). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/800-2019-п#Text>
4. Управління підготовкою викладачів професійної освіти у країнах ЄС: загальний огляд. 2020 р. URL : <http://surl.li/bxkap>
5. Akademie für lehrerfortbildung und personalführung. URL : <http://alp.dillingen.de>

6. Deissinger Th., Braun V., Melnyk O. VET teacher education in Germany. Structural issues and fields of conflict in Business and Economics Education. In T. Deissinger & V. Braun (Eds.), *Improving teacher education for applied learning in the field of VET*. Münster : Waxmann, 2018. Pp. 29–72.

7. Deutscher Verein zur Förderung der Lehrerinnen-und Lehrerfortbildung (DVLfB). URL : <https://lehrerfortbildung.de>

8. Lysenko G. Features of training of vocational education teachers in Germany. *ScienceRise : Pedagogical Education*. 2022. № 3 (48). Pp. 37–43. URL: https://journals.uran.ua/sr_edu/article/view/257349

9. Sächsisches Schulgesetz. Kronach. 2004

10. Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften, 2004 (перегляд станом на 16.05.2019) URL: <http://surl.li/bxkbe>

11. Tennstädt K.-C., Krause F., Humpert W. *Das Trainingsmodell (TM), Einführung*. Bern : Verlag Hans Huber, 1991.

12. Terhart E. *Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlußbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission*. Weinheim, 2000.

13. *The state of history education in Europe*. Ed. by Joke van der Leeuw-Roord. Hamburg : Ed. Korber-Stiftung. 1998.

14. Thomas M. A. M., Mosselson J. *Advancing the Teaching of Comparative and International Education: Annual Review of Comparative and International Education. International Perspectives on Education and Society*. 2019.

15. TU Bergakademie Freiberg. URL : <https://tu-freiberg.de>

REFERENCES

1. Abashkina N.V. *Rozvytok profesiinoi osvity v Nimechchyni (kinets XIX–XX st.)* [The development of professional education in Germany (end of the 19th and 20th centuries)]. Kyiv: IPPPO APN, 1999, 46 p. (in Ukrainian).

2. Batechko N.H. *Teoretyko-metodolohichni zasady pidhotovky vykladachiv vyshchoi shkoly v umovakh mahistratury* [Theoretical and methodological principles of training of teachers of higher education in the conditions of the master's degree]. Kyiv : NUBPU, 2016, 669 p. (in Ukrainian).

3. *Postanova KМУ vid 21.08. 2019 r. № 800 “Deiaki pytannia pidvyshchennia kvalifikatsii pedahohichnykh i naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv” (iz zminamy, vnesenymy zghidno z Postanovoiu vid 27.12.2019 r. № 1133)* [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, dated 21.08. no. 800 of 2019 “Some issues of improving the qualifications of teaching and research-pedagogical workers” (with changes introduced in accordance with Resolution no. 1133 of 12.27.2019)]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/800-2019-n#Text> (in Ukrainian) (Accessed: 19.01.2024).

4. *Upravlinnia pidhotovkoiu vykladachiv profesiinoi osvity u krainakh YeS : zahalnyi ohliad* [Vocational education teacher training management in EU countries : a general overview]. 2020. URL : <http://surl.li/bxkap> (in Ukrainian) (Accessed: 19.01.2024).

5. Akademie für lehrerfortbildung und personalführung URL : <http://alp.dillingen.de> (in German). (Accessed: 19.01.2024).

6. Deissinger Th., Braun V. and Melnyk O. VET teacher education in Germany. Structural issues and fields of conflict in Business and Economics Education. In T. Deissinger and V. Braun (Eds.), *Improving teacher education for applied learning in the field of VET*. Münster : Waxmann, 2018, pp. 29–72. (Accessed 19.01.2024).

7. Deutscher Verein zur Förderung der Lehrerinnen-und Lehrerfortbildung (DVLfB). URL : <https://lehrerfortbildung.de> (in German) (Accessed: 19.01.2024).

8. Lysenko G. Features of training of vocational education teachers in Germany. *ScienceRise : Pedagogical Education*. 2022, no. 3 (48), pp. 37–43. URL: https://journals.uran.ua/sr_edu/article/view/257349 (Accessed: 19.01.2024).

9. Sächsisches Schulgesetz. Kronach, 2004. (in German).

10. Standards für die Lehrerbildung : Bildungswissenschaften, 2004 (revision as of 16.05.2019). URL : <http://surl.li/bxkbe> (in German). (Accessed: 19.01.2024).

11. Tennstädt K.-C., Krause F. and Humpert W. *Das Trainingsmodell (TM), Einführung*. Bern : Verlag Hans Huber, 1991. (in German).

12. Terhart E. *Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlußbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission*. Weinheim, 2000. (in German).

13. *The state of history education in Europe*. Ed. by Joke van der Leeuw-Roord. Hamburg : Ed. Korber-Stiftung, 1998

14. Thomas M.A.M. and Mosselson J. *Advancing the Teaching of Comparative and International Education : Annual Review of Comparative and International Education. International Perspectives on Education and Society*. 2019.

15. TU Bergakademie Freiberg. URL : <https://tu-freiberg.de> (in German). (Accessed: 19.01.2024).

Надійшла до редакції: 15.03.2024.

УДК 621.311.243

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.99.1029

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОБСТЕЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДАХІВ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ДЛЯ РОЗТАШУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

МАКОВЕЦЬКИЙ Б. І.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
ДЬЯЧЕНКО О. С.², ас.,
ТРОШИН М. Ю.³, ст. викл.

^{1*} Кафедра архітектури, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-32, e-mail: bim953@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7406-1207

² Кафедра архітектури, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-32, e-mail: olgadiachenko303@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2591-3274

³ Кафедра архітектури, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-32, e-mail: michaeltopol1964@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8731-1842

Анотація. Постановка проблеми. Останнім часом в Україні інтенсивно розвивається зелена енергетика, зокрема, електричні станції на сонячних панелях. Їх потужність залежить від площі сонячних панелей, тому для потужних станцій потрібні великі земельні ділянки. В умовах забудови міст вільних ділянок майже немає. Пропонується розташовувати такі станції на дахах житлових будинків. Постає проблема, тому, щоб втілити це в життя, потрібно дослідити будівельні конструкції дахів. Для цього необхідно розробити методику обстеження технічного стану таких дахів. **Мета роботи** полягає в створенні класифікації об'єктів обстеження, з подальшим розробленням методики візуального спостереження, інструментальних вимірів, відбору фактів, установлення зв'язків між ними. **Методика.** Для розроблення класифікації об'єктів обстеження застосовували методи візуального спостереження, інструментальних вимірів, накопичення даних, відбір фактів, влаштування зв'язків між ними. Досліджено види житлових будівель, які були побудовані з 30-х до 80-х років минулого сторіччя на території України. Дослідження міської житлової забудови з метою її класифікації проводилось за споживчими та експлуатаційними ознаками. **Результатом дослідження** стала розробка методики із застосування методів дослідження таких як: візуальне обстеження, інструментальні виміри. Розроблено методику обстеження технічного стану тих типів дахів, які увійшли в класифікацію за дослідженням існуючої житлової забудови. **Наукова новизна** полягає в тому, що методика розроблена вперше для обстеження технічного стану дахів і горищ, для завдань розміщення на їх поверхні електричних сонячних станцій. **Практична значимість роботи.** За допомогою розробленої методики надалі є можливість проводити обстеження технічного стану дахів і горищ для розміщення на їх поверхні сонячних станцій усім організаціям, які займаються такими роботами і мають необхідний досвід фахівців і інструментарій. **Висновки.** Розроблена класифікацію типів дахів і горищ житлових будинків для можливого розташування на їх поверхні електричних сонячних батарей, а також методику обстеження технічного стану конструкцій дахів і горищ.

Ключові слова: сонячні електричні станції; дахи і горища житлових будинків; обстеження технічного стану; технічний висновок

DEVELOPMENT OF THE METHODS FOR SURVEYING THE TECHNICAL CONDITION OF THE RESIDENTIAL BUILDINGS' ROOFS FOR THE PLACEMENT OF ELECTRIC SOLAR BATTERIES

MAKOVETSKYI B.I.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
DIACHENKO O.S.², Ass.,
TROSHYN M.Yu.³, Senior Lect.

^{1*} Department of Architecture, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-32, e-mail: bim953@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7406-1207

² Department of Architecture, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-32, e-mail: olgadiachenko303@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2591-3274

³ Department of Architecture, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-32, e-mail: michaeltopol1964@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8731-1842

Abstract. Problem statement. In Ukraine, green energy, in particular, solar power plants, is developing rapidly in recent years. Their power depends on the area of solar panels, so large land plots are required for powerful plants. In the context of urban development, there are almost no free plots. It is proposed to place such stations on the roofs of residential buildings. The problem is that in order to implement this, it is necessary to investigate the technical condition of the roof structures. To do this, it is necessary to develop technique for surveying the roofs' technical state. **The purpose** of the work is to classify the survey objects, with further development of the visual observation methodology, instrumental measurements, selection of facts, and establishment of links between them. **Method.** The methods of visual observation, instrumental measurements, data accumulation, selection of facts, and establishing links between them were used to develop the classification of the survey objects. The types of residential buildings that were built from the 30s to the 80s of the last century on the territory of Ukraine were studied. The investigation of urban residential buildings for the purpose of their classification was conducted according to consumer and operational characteristics. **The result of the research** is the development of a technique for the application of research methods such as visual inspection, instrumental measurements. A technique for surveying the technical state of those types of roofs that were included in the classification based on the study of existing residential buildings was developed. **The scientific novelty** is that the technique is developing for the first time for surveying the technical state of roofs and garrets, for the tasks of placing electric solar stations on their surface. **Practical value.** With the help of the developed technique, it will be possible to conduct a survey of the technical condition of roofs and garrets for the placement of solar stations on their surface by all organisations that are engaged in such work and have the necessary experience and tools. **Conclusions.** A classification of types of roofs and garrets of residential buildings was developed for the possible location of electric solar batteries on their surface, as well as a technique for surveying the technical state of roofs and garrets structures was developed.

Keywords: *solar electric stations; roofs and garrets of residential buildings; inspection of technical state; technical conclusion*

Постановка проблеми. В процесі розвитку «зеленої енергетики» і, зокрема, поширення електричних станцій із сонячних батарей, які набрали суттєвого розвитку в Україні в останні роки, постала проблема нестачі земельних ділянок для їх розташування. Сонячні станції тим потужніші, чим більшу площу займають сонячні батареї. Звісно, що такі станції повинні бути наближеними до потужних користувачів, які розташовані в містах. В містах бракує вільних, для розташування станцій, земельних ділянок.

Як альтернативу земельним ділянкам застосовують поверхні дахів міської забудови. Для втілення такого проєкту необхідно знати, які забудови і які дахи з технічної точки зору будуть відповідати вимогам розташування сонячних батарей. Тому необхідно дослідити, які потрібно брати до уваги будинки, з якими дахами, скласти відповідну класифікацію. Прийнявши рішення встановити на даху сонячні батареї, замовник безперечно, повинен надати акт обстеження технічного стану даху. Для цього ми вирішили розробити методику обстеження будь-якого даху.

Мета роботи – розробити класифікацію будівель існуючої міської забудови з точки зору використання дахів для розташування на них електричних станцій із сонячних батарей; розробити методику обстеження технічного стану конструкцій дахів, які забезпечать безаварійну експлуатацію після розміщення на них сонячних батарей та витримають навантаження.

Матеріали та методи дослідження. Об'єктом обстеження обрано всю існуючу міську забудову (зокрема житлову) в умовах надвеликих міст (Дніпро, Запоріжжя). Для дослідження обрано такі методи: спостереження, порівняння, інструментальні виміри, відбір фактів, установлення зв'язків між фактами.

Дослідження міської житлової забудови з метою її класифікації проводилось за споживчими та експлуатаційними ознаками [4]. Також існують давні класифікації за призначенням [4], класифікації залежно від переваг споживачів житла, тривалості та характеру використання, ступеня благоустрою тощо [8; 10].

Для дослідження житлового фонду (м. Дніпро, м. Запоріжжя) на предмет класифікації за ознакою: об'ємно-планувальні та конструктивні рішення дахів

багатоповерхових житлових будинків, використовували їх класифікацію за основними ознаками (конструкції, матеріал стін). Дахи будинків не досліджували на предмет дії на них навантажень у вигляді технологічного обладнання.

Перш ніж починати обстеження житлової забудови, необхідно мати уявлення про електричні станції з сонячних батарей і виявити способи їх розміщення, улаштування, конструктивні особливості.

1. Сонячні панелі та їх влаштування

Сонячні панелі являють собою тонкі кремнієві пластини, які перетворюють сонячне світло на електрику. Виробництво таких батарей сьогодні як ніколи актуальне, тому що вони виступають джерелами енергії в широкому спектрі галузей, в тому числі в телекомунікаційній, космічній, медицині, зв'язку, мікроелектроніці тощо [11]. Сонячні батареї у вигляді великих масивів використовуються в різних супутниках і сонячних електростанціях [3].

Історія створення сонячних батарей почалася ще в XIX столітті, але тільки у 1954 році Гордон Пірсон, Дерріл Чапін і Кел Фуллер створили кремнієвий сонячний елемент, який має ККД 4 %. Надалі його ефективність була підвищена до 15 % [1]. Сонячні батареї були вперше використані в сільських районах і віддалених містах як джерела живлення для системи телефонного зв'язку, де вони успішно працювали протягом багатьох років.

Такі батареї мають більше значення співвідношення виробленої енергії до ваги, ніж усі інші традиційні джерела енергії, і економічно більш ефективні. За допомогою енергетичних фотоелектричних систем електроенергія може дістатися до віддалених і важкодоступних місць. Потужність щорічно встановлюваних сонячних електростанцій становить близько 50 мегаватів. Історія створення сонячних батарей повинна пройти довгий шлях, перш ніж здійснити мрію Чарльза Фрітса про отримання безкоштовної і доступної сонячної енергії.

Сонячні панелі встановлюють як на землі (рис. 1), так і на дахах (рис. 2). На

дахах будівель краще тому, що в містах не вистачає вільних земельних ділянок. Вартість міської землі надвисока і пріоритет розташування на ній становить забудова будинками та спорудами.

24 липня 2023 року Верховна Рада України ухвалила Закон України № 3220-IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України», спрямований на удосконалення умов підтримки виробників електроенергії із відновлюваних джерел енергії. Цей Закон України передбачає, що домашні сонячні електростанції можуть розміщувати сонячні панелі тільки на дахах та фасадах будівель.



Рис. 1. Встановлення сонячних панелей на землі



Рис. 2. Встановлення сонячних панелей на плоскому даху

2. Обстеження житлової забудови

Розглянемо види житлових будівель, споруджених з 30-х до 80-х років минулого сторіччя на території України.

Будинки, які споруджувалися з кінця 1930-х до кінця 1950-х років, являють собою капітальні багатоквартирні житла висотою від двох до шести поверхів зі стінами з негорючих матеріалів (рис. 3, 4).



Рис. 3. Стиль будинків забудови 1930–1940 рр.



Рис. 4. Стиль будинків забудови 1945–1955 рр.

Основний будматеріал, який використовували для зведення будинків, – цегла, в основному червона керамічна, у більш пізніх – біла силікатна. Зовнішні стіни, зазвичай, мають товщину 2,5 цеглини (640 мм), внутрішні несні – 1–1,5 цеглини (250–380 мм) [6].

Починаючи 1955 року були побудовані перші великопанельні будинки за безкаркасною схемою (рис. 5) з сумісними плоскими дахами, але в цей час були більш поширені п'ятиповерхові будинки зі стінами з великих цегляних блоків із скатними горищними дахами.



Рис. 5. Панельний будинок

Дах у таких будинках дво- або багатоскатний, який утворює велике горище; несна частина дахів – кроквяна система з деревини. Як покрівельний матеріал використовували хвилясті

азбоцементні листи (шифер), або бляшане дахове залізо.

Основні несні конструкції будівель: стіни, перекриття та фундаменти, перебувають у задовільному стані, з великим запасом по міцності. Житлові будинки, які споруджувалися в 1950 – 1970-ті роки, – це радянські типові великопанельні п'ятиповерхові будинки, з малогабаритними квартирами, їх називали в народі «хрущовками» (рис. 5).

Дах будинку такого типу буває плоским сумісним або скатним. Скатні дахи можуть бути з бляшаним покриттям або чотирискатним вальмовим покриттям з азбестоцементних хвилястих листів. Плити горищного чи дахового покриття – круглопорожнинні, залізобетонні.

На будинках, які зводилися з 1950-х років, із плоскими дахами, можна вільно розташовувати сонячні панелі, тому що такі дахи мають малі нахили. Основні несні конструкції, такі як фундаменти, стіни, плити перекриття досить надійні і витримують нормативні навантаження забудовою. Навантаження від сонячних панелей складає усього 10 % від величини снігового, як найбільш істотного [9].

Ці будинки не мають перспективи для наших цілей, через те, що термін їх експлуатації обмежений 50 роками, і зараз він спливає. Досі в Україні не вирішується проблема, що надалі робити з цією забудовою, тому зробимо висновок, що вона придатна для наших цілей, але обмежено.



Рис. 6. Великопанельний житловий будинок

Основні матеріали стін для будинків, які зводилися із середини 1960-х до кінця

1980-х років, – залізобетонні великі панелі і силікатна цегла. У великих містах більшість житлових будинків виконані з великих панелей. Будинки підвищеної поверховості споруджені зі збірним залізобетонним каркасом і цегляними стінами, а висотні – з монолітним каркасом, і мають – 9, 12, 16 поверхів (рис. 6).

Дах у всіх будинках плоский, покритий рулонними бітумними матеріалами, обладнаний внутрішніми водостоками. Виняток – ранні цегляні будинки малої поверховості для сільського та приміського будівництва, що мають дво- або багатоскатні шиферні дахи. Будівлі, зведені до 1960-х років, мають достатню несну здатність, масивні стіни, перекриття, фундаменти, але сонячні панелі розташувати на скатних дахах складно, тому таку забудову ми не розглядали.

Будинки з основними деталями заводського виготовлення 1950 – 70-х років для розташування сонячних панелей кращі, тому що у них пласка покрівля, міцні несні конструкції, велика несна здатність покриттів, плити покриття – ребристі, круглопорожнисті, покрівля – суміщена. Фундаменти, стіни мають достатню надлишкову несну здатність, задовільний технічний стан, дахи – пласкі, горищні.

3. Дослідження горищ і дахів

Будівлі, які ми обрали для влаштування сонячних панелей, мають покриття двох видів: з теплим та холодним горищем.

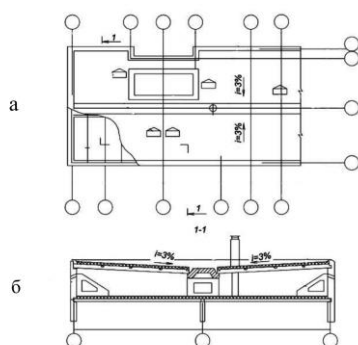


Рис. 7. Конструкція даху з холодним горищем і покрівлею з рулонних матеріалів: а – план даху; б – розріз 1-1

Конструкція дахів із холодним горищем (рис. 7) передбачає потрапляння повітря з вентиляційних каналів безпосередньо в

атмосферу. В результаті на поверхні даху з'являється ціла мережа вертикальних конструкцій, які перетинають товщу перекриття через штучні отвори. І цим вони створюють часткову заваду для вільного розташування на поверхні даху сонячних панелей (рис. 2).

Холодне горище також передбачає наявність продухів (отвори) у зовнішніх парпетних стінах для природного вентилявання. Таким чином на горищі підтримується певна температура, що перешкоджає випадінню конденсату і утворенню інею на нижній поверхні покрівельних панелей. Така вентиляція істотно обмежує втрати тепла з приміщень будівлі.

У будинках, які почали зводити після 1980-х років, як новація, навпаки, вентиляційне повітря, що надходить у тепле горище з приміщень, видаляється в атмосферу через загальну витяжну шахту. Весь обсяг горища обігривається теплим вентиляційним повітрям із приміщень, у зв'язку з чим огорожувальні конструкції такого горища мають підвищений теплозахист і ретельно герметизовані (рис. 8). Тепле горище створює ідеальні умови для розташування на поверхні даху сонячних батарей [11].

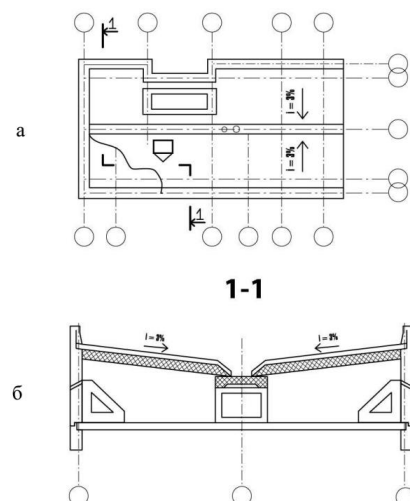


Рис. 8. Тепле горище з рулонним покриттям: а – план даху; б – розріз 1-1

Дах із холодним горищем нас влаштовує менше, але це не означає, що на нього не

можна встановлювати сонячні панелі. Визнаємо цю ситуацію обмежено придатною для наших цілей. В першу чергу, будемо розташовувати сонячні панелі на будівлі з теплим горищем. Потім, у міру заповнення таких будівель, будемо розглядати інші варіанти з холодним горищем, або сумісні дахи.

Розробка методики обстеження дахів

Для обстеження будівель і споруд та для оцінення їх технічного стану користуються будівельними нормами [7]. Обсяг обстеження – починаючи від основи та фундаментів і закінчуючи конструкціями, що зазнають впливу від агресивних середовищ. В цьому документі не розглядається окремо такі частини будинку як дахи і горища.

Для сонячних панелей, які будуть встановлюватись на дахах, потрібно визначити та оцінити технічний стан лише даху, на якому вони будуть розташовані.

Тому розроблена нижче методика обстеження технічного стану конструкцій горищ і дахів стосується житлової забудови 1955 – 1990 років, будинків, які мають пласкі дахи.

Методика необхідна для складання звіту про обстеження технічного стану даху, горища, покриття, на основі висновків якого замовник отримує дозвіл на початок монтажу сонячних електричних станцій.

1. Обстеження конструкцій плаского холодного даху

В обстеження даху включають несну частину даху і безпосередньо покрівлю. процес складається з візуального огляду, інструментальних вимірювань, лабораторних випробувань.

Оглядають покриття з боку покрівлі і з боку горища, або приміщень останнього верхнього поверху.

При цьому визначають [7; 9]:

- конструктивні схеми покриттів, карнизних вузлів, вентиляційних каналів, заставних деталей кріплень;
- стан нижньої поверхні покриття, наявність корозії бетону та арматури, стан вузлів спірання плит покриття на несні елементи (ферм, балок та ін.);

- стан осадкових і температурних швів;
- стан захисних покриттів;
- товщину елементів покриття і покрівлі;
- наявність дефектних ділянок (тріщин, пробоїн, прогинів), висолів, патьоків, конденсату, пилу, їх поширення і причини появи;

• вивчають умови експлуатації покриття, стан систем водовідведення (в тому числі лотків, жолобів та водоприймальних лійок), розміри пилових і снігових кучугур, застійні зони;

• стан гідроізоляції у місцях примикання конструкцій або інженерного обладнання і правильність закріплення захисних металевих фартухів і звівів.

Обстежуючи покрівлі з рулонних матеріалів, вивчають [5; 7; 9; 10]:

• стан гідроізоляції в місцях пропуску через покрівлю водостічних лійок, огорож, конструкцій стінок вентиляційних каналів;

• просадку ділянок покрівель, механічні пошкодження покрівель в місцях перепаду висот;

• фактичний ухил покрівлі і відповідність проєктним даним;

• відповідність напрямкам приклеювання покривного матеріалу ухилам покрівлі в натурі та проєкті;

• стан поверхні ізоляційних шарів, вм'ятини, подряпини, повітряні і водяні мішки і патьоки мастик у швах;

• деталі сполучення з виступаючими елементами на покриттях (ліхтарні конструкції, вентиляційні шахти, парапети).

При цьому визначаються величини підйому килима на вертикальну стінку, з'ясовуються випадки розтріскування килима, опливів мастик, на яких клеють килим, надійність закладення килима в місцях примикання.

При натурних обстеженнях фактичного стану покрівлі її розрізають, в результаті чого встановлюють: стан і вологісний режим теплоізоляції, міцність приклеювання пароізоляційного і гідроізоляційного шарів до основи, величину нахльосту полотнищ і стан вирівнювальних шарів.

Кількість розрізів покрівлі відповідає конкретним завданням досліджень. Розріз

захисного шару і рулонної покрівлі виконують на площі приблизно 30×30 см. Також видаляють вирівнювальна стяжку на площі 15×15 см.

Складають ескізи конструкцій з пошаровим описом матеріалів і замірів товщини кожного шару. Одночасно відбирають проби матеріалу для визначення його вологості і фізико-технічних характеристик. Розрізання покрівельного килима допускається тільки за відсутності атмосферних опадів. Після закінчення робіт негайно відновлюють місця розрізу.

2. Обстеження скатних дахів із бляшаним покриттям

У першу чергу обстежуються візуально несні конструкції кроквяної системи.

Кроквяна система, зазвичай, із деревини, тому виявляють:

- цілісність шару антисептичного покриття всіх конструкцій;
- наявність пошкоджень грибок, шашелем;
- механічних пошкоджень;
- пошкоджень від навантаження;
- пошкоджень металевих деталей (дротяних скруток, скоб, костилів);
- цілісність конструкції покриття, (прокородовані отвори, механічні пошкодження)

Обстежуючи бляшані покрівлі, слід перевірити стан фарби, щільність фальців, розжолобків, звисів і кріплення їх до решетування, стан настінних жолобів, лотків і лійок водостічних труб, наявність пробитих отворів у покрівлі, особливо в настінних жолобах і біля стоячих фальців, стан покриттів брандмауерів, димових і вентиляційних труб.

3. Обстеження скатних дахів із покрівлею зі штучних матеріалів

Під час обстеження покрівель із штучних матеріалів додатково виявляють [7; 9; 12]:

- величину поздовжніх і поперечних нахльостів і схилу за кобилку;
- відповідність кількості і розміщення кріплень згідно з проектом;
- примикання до частин, що виступають над покрівлею;

- наявність фартухів у місцях примикання до вертикальних конструкцій, комірив з оцинкованої сталі до труб;

- якість закладення зазорів між обробкою розжолобка, стиків і поверхонь покрівлі, що перетинаються;

- покриття ребер скатів фасонними елементами, щільність прилягання елементів покрівель до решетування, наявність і стан компенсаційних швів, робочих ходів по покрівлі.

4. Лабораторні випробування матеріалів

Визначають вологість теплоізоляційного матеріалу, міцність, щільність, водопоглинання, властивості гідро- і пароізоляційних шарів [8].

Проби утеплювача конструкцій покриття слід відбирати навесні, до кінця періоду вологонакопичення, і в кінці літнього періоду. При цьому з утеплювача вирізають призму розміром 10×10 см на всю товщину утеплювача і розміщують в поліетиленовий пакет. На місце відбору проби укладають утеплювач з мінеральної вати, пінополістиролу або інших аналогічних теплоізоляційних матеріалів.

Результати натурних обстежень порівнюють із нормативними вимогами на покрівельні гідроізоляційні і герметизувальні матеріали та вироби. На цій основі дають оцінку технічного стану покриттів та розробляють рекомендації щодо відновлення їх експлуатаційних якостей.

5. Обстеження плоских дахів із теплим горищем

У плоских дахах із теплим горищем горищне приміщення являє собою збірну камеру статичного тиску, в якій перевіряються:

- стан оголовків вентиляційних труб і шахт, що виходять у горищне приміщення, загальних витяжних шахт, піддону для відведення атмосферної вологи, захисних пристроїв вентиляційних каналів і шахт від попадання в них сторонніх предметів, інтенсивність витрати повітря в загальній витяжній шахті і каналах з улаштуванням у них регульованих клапанів;

- герметичність конструктивних елементів;

- температура повітря визначається з умов теплового балансу і неприпустимості появи конденсату на внутрішній поверхні покрівельного покриття [8];

- температура повітря горищного приміщення не допускається нижче 12–14 °С;

- температура повітря горищного приміщення повинна бути не вищою температури повітря, що видаляється вентиляційними каналами;

- двері повинні мати щільні притвори;

- щільність металевого піддону (не повинно бути під ним вогкості).

б. Обстеження плоских безгорищних сумісних дахів

В обстеженні плоских безгорищних дахів необхідно враховувати їх конструктивні особливості. Плaskі безгорищні (не вентилязовані суміщені) дахи складаються з ряду укладених у покриття залізобетонних плит. У порожнині глухої замкнутої конструкції заздалегідь закладають гнилостійкий і вогнетривкий плитний або рулонний утеплювач (піноскло, скловату тощо). Оглядають безгорищні дахи зовні і з боку приміщень верхніх поверхів. У суміщених дахах необхідно стежити за станом елементів, що виступають над поверхнею покрівель: димових і вентиляційних труб, дефлекторів, виходів на дах, парпетів, антен тощо.

Плaskі безгорищні (вентильовані суміщені) дахи являють собою покриття з плит полегшеної ребристої конструкції (наприклад, із керамзитобетону), внутрішня порожнина якої заповнена утеплювачем (керамзитовий гравій, пемза та ін.). При цьому в конструкції плити передбачені припливно-витяжні продухи для вентиляції

її внутрішньої порожнини. Вентиляція також здійснюється через сполучені між собою повітряні канали в товщі утеплювача. Товщина повітряного прошарку повинна бути не менше 50 мм.

Результати досліджень

Після дослідження існуючої житлової забудови на предмет розташування на її дахах сонячних панелей складено таку класифікацію:

- будинки з 1930 р. будівництва зі скатними дахами не придатні для поставлених задач;

- будинки з 1960 р. будівництва з плоскими дахами і холодними горищами частково придатні;

- будинки з 1960 р. будівництва з плоскими сумісними дахами придатні, але в обмеженій кількості через те, що спливає термін експлуатації;

- будинки з 1980 р. будівництва з плоскими дахами і теплими горищами придатні без обмеження.

Розроблено методику обстеження технічного стану типів дахів, які увійшли в класифікацію за дослідженням існуючої житлової забудови.

Наукова новизна полягає в тому, що подібне дослідження зроблене вперше. Окремі випадки розташування сонячних панелей на дахах мають випадковий і не системний характер через те, що була відсутня методика.

Висновки

Виконано класифікацію житлових будинків, придатних для розташування на їх дахах сонячних електростанцій.

Розроблено методику обстеження технічного стану дахів і горищ будинків для отримання дозволу розміщення на них сонячних електростанцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі : навч. посіб. Львів : Магнолія, 2022. 188 с.
2. Дураєв М. В., Войцицький А. П., Муляр О. Д. Перспективні технології нетрадиційної та відновлювальної енергетики: підруч. Житомир. агротехн. фак. коледж. Житомир : Поліський ун-т, 2022. 287 с.
3. Мисак Й. С., Возняк О. Т., Дацько О. С., Шаповал С. П. Сонячна енергетика: теорія та практика : монографія. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2014. 340 с.
4. Пантелєєв П. О. Типізація, класифікація та техніко-економічні характеристики багатоквартирних будинків. *Економіка та держава*. 2014. № 5. С. 88–92. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecde_2014_5_21.

5. Сотник І. М. Енергоефективність та відновлювальна енергетика в Україні : проблеми управління : монографія За заг. ред. д-ра екон. наук, проф. І. М. Сотник. Суми : Університетська книга, 2023. 247 с.
6. Житлові будинки. Правила визначення фізичного зносу житлових будинків: СОУ ЖКГ 75.11 – 35077234.0015 : 2009. [На заміну ВСН 53-86; чинні від 2009-02-03]. Київ, 2009. 49 с.
7. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 43 с.
8. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність : ДБН В.1.2-11:2021. [На заміну ДБН В.2.6-11:2008; чинні від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022. 17 с.
9. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. Київ : Мінбуд України, 2006. 75 с.
10. Duffy A., Rogers M., Ayompe L. Renewable Energy and Energy Efficiency : Assessment of Projects and Policies. USA : Wiley-Blackwell, 2015. 288 p.
11. Saini G., Cengiz K., Srinivasan S., Padmanaban S., Kumar K. Solar Energy : Advancements and Challenges. River Publishers Series in Energy Sustainability and Efficiency. March 2023. 165 p.
12. Zhiqiang John Zhai Energy Efficient Buildings : Fundamentals of Building Science and Thermal Systems. USA : John Wiley & Sons, 2022. 384 p.

REFERENCES

1. Dudiuk D.L., Mazepa S.S. and Hnatyshyn Ya.M. *Netradytsiina enerhetyka: osnovy teorii ta zadachi : navch. posib.* [Unconventional energy : fundamentals of theory and problems]. Lviv : Mahnoliia Publ., 2022, 188 p. (in Ukrainian).
2. Duras M.V., Voitsytskyi A.P. and Muliar O.D. *Perspektyvni tekhnolohii netradytsiinoi ta vidnovliuvalnoi enerhetyky : pidruchnyk* [Promising technologies of unconventional and renewable energy]. Zhytomyr. ahrotekhn. fakh. koledzh. Zhytomyr : Poliskyi un-t, 2022, 287 p. (in Ukrainian).
3. Mysak Y.S., Vozniak O.T., Datsko O.S. and Shapoval S.P. *Soniachna enerhetyka: teoriia ta praktyka : monohrafiia* [Solar energy : theory and practice]. Lviv : Lvivska Politehnika Publ., 2014, 340 p. (in Ukrainian).
4. Panteleiev P.O. *Typizatsiia, klasyfikatsiia ta tekhniko-ekonomichni kharakterystyky bahatokvartyrnykh budynkiv. Ekonomika ta derzhava* [Typification, classification and technical and economic characteristics of multi-apartment buildings. Economy and the state]. 2014, no. 5, pp. 88–92. URL :http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecde_2014_5_21 (in Ukrainian).
5. Sotnyk I.M. *Enerhoefektyvnist ta vidnovliuvalna enerhetyka v Ukraini: problemy upravlinnia : monohrafiia za zah. red. d-ra ekon. nauk, prof. I. M. Sotnyk* [Energy efficiency and renewable energy in Ukraine : management problems]. Sumy : Universytetska Knyha Publ., 2023, 247 p. (in Ukrainian).
6. *Zhytlovi budynky. Pravyla vyznachennia fizychnoho znosu zhytlovykh budynkiv SOU ZhKH 75.11–35077234.0015:2009. Na zaminu VSN 53-86; chynni vid 2009-02-03* [Residential buildings. Rules for determining the physical wear and tear of residential buildings. SOU ZhKH 75.11–35077234.0015:2009]. Kyiv, 2009, 49 p. (in Ukrainian).
7. *Osnovni vymohy do budivel i sporud. Enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnist : DBN V.1.2-11:2021. Na zaminu DBN V.2.6-11:2008; chynni vid 2022-09-01* [Basic requirements for buildings and structures. Energy saving and energy efficiency. DBN V.1.2-11:2021]. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2022, 17 p. (in Ukrainian).
8. *DBN V.1.2-2:2006. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia* [DBN V.1.2-11:2021. System for ensuring the reliability and safety of construction objects. Loads and influences. Design standards]. Kyiv : Minbud Ukrainy, 2006, 75 p. (in Ukrainian).
9. *DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. Chynnyi vid 2017-04-01* [DSTU-N B V.1.2-18:2016. Guidelines for the inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition]. Kyiv : SE “UkrNDNTs”, 2017, 43 p. (in Ukrainian).
10. Duffy A., Rogers M. and Ayompe L. Renewable Energy and Energy Efficiency : Assessment of Projects and Policies. USA : Wiley-Blackwell, 2015, 288 p.
11. Saini G., Cengiz K., Srinivasan S., Padmanaban S. and Kumar K. Solar Energy : Advancements and Challenges. River Publishers Series in Energy Sustainability and Efficiency. March 2023, 165 p.
12. Zhiqiang John Zhai Energy Efficient Buildings : Fundamentals of Building Science and Thermal Systems. USA : John Wiley & Sons, 2022, 384 p.

Надійшла до редакції: 17.03.2024.

УДК 372.8:628:721.021

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.108.1030

ВИКОРИСТАННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

НЕСТЕРОВА О. В.¹, канд. техн. наук, доц.,

НАГОРНА О. К.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,

НЕЧИТАЙЛО М. П.³, канд. техн. наук, доц.,

ШАРКОВ В. В.⁴, канд. техн. наук, доц.,

СЕЛЕНІН М. А.⁵, маг.

¹ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: melenanesterenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

^{2*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: nahorna.olena@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

³ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: n_np@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5963-0590

⁴ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

⁵ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: m.selenin2017@ukr.net

Анотація. *Постановка проблеми.* Необхідність формування та розвитку кадрового потенціалу в будівельній галузі України з метою створення конкурентоздатної сфери, яка відповідає високим стандартам якості та ефективності і функціонує на основі сучасних фінансово-економічних, технічних та організаційних механізмів. Один із методів досягнення цілей інноваційного розвитку – модернізація архітектурно-будівельного проектування та інженерних мереж, зокрема, застосування ВІМ-технологій. Ці технології дозволяють ефективно приймати рішення на всіх етапах життєвого циклу будівель та споруд – від початкової ідеї до етапу експлуатації та навіть демонтажу інженерних мереж систем водопостачання та водовідведення. **Мета статті** – дослідити використання ВІМ-технологій для підвищення ефективності та точності проектування систем водопостачання та водовідведення. **Висновок.** Застосування ВІМ-технологій у проектуванні систем водопостачання та водовідведення суттєво підвищує ефективність робіт. Створення цифрових моделей дозволяє забезпечити взаємодію всіх учасників будівельного процесу та мінімізувати помилки та конфлікти на етапі проектування. Успіх модернізації будівельної сфери став можливим завдяки активній співпраці всіх зацікавлених сторін. Громадський захист та участь громадськості у вирішенні питань галузі забезпечили більш широкий погляд на вирішення проблем. Упровадження ВІМ-технологій дозволяє розробляти та вдосконалювати проекти систем водопостачання та водовідведення, сприяючи оптимізації робіт та поліпшенню планування проектів.

Ключові слова: ВІМ-технології; проектування; інженерні мережі

UTILIZATION OF BIM TECHNOLOGIES FOR ENHANCING THE EFFICIENCY OF WATER SUPPLY AND WASTEWATER SYSTEMS DESIGN

NESTEROVA O.V.¹, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

NAHORNA O.K.^{2*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

NECHYTAILO N.P.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

SHARKOV V.V.⁴, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

SELENIN M.A.⁵, Master in Eng.

¹ Department of Water Supply, Wastewater Engineering and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-74, e-mail: melenanesterenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

^{2*} Department of Water Supply, Wastewater Engineering and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-74, e-mail: nahorna.olena@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

³ Department of Water Supply, Wastewater Engineering and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-74, e-mail: n_np@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5963-0590

⁴ Department of Water Supply, Wastewater Engineering and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-74, e-mail: shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

⁵ Department of Water Supply, Wastewater Engineering and Hydraulics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (096) 763-76-17, e-mail: m.selenin2017@ukr.net

Abstract. Problem statement. The need for the formation and development of human resources in the construction industry of Ukraine to create a competitive sphere that complies with high standards of quality and efficiency, operating based on modern financial, economic, technical, and organizational mechanisms. One method to achieve the goals of innovative development is the modernization of architectural and construction design and engineering networks, particularly through the implementation of Building Information Modeling (BIM) technologies. These technologies enable effective decision-making at all stages of the life cycle of buildings and structures – from the initial idea to the stage of operation and even the dismantling of water supply and wastewater system engineering networks. **The purpose of the article** – to explore the utilization of BIM technologies to enhance the efficiency and accuracy of designing water supply and wastewater systems **Conclusions.** The application of BIM technologies in the design of water supply and wastewater systems significantly improves work efficiency. Creating digital models facilitates the interaction of all participants in the construction process and minimizes errors and conflicts during the design phase. The success of modernizing the construction industry became possible through active collaboration of all stakeholders. Public advocacy and participation in addressing industry issues provided a broader perspective on problem-solving. The implementation of BIM technologies allows for the development and improvement of water supply and wastewater system projects, contributing to work optimization and project planning enhancement.

Keywords: *BIM technologies; design; engineering networks*

Актуальність. Україна, як і багато інших країн, стикається з викликами швидкого міського росту, енергоефективності та необхідності модернізації екологічно недостатніх інфраструктурних систем. Ці завдання потребують не лише новаторських рішень, а й відповідних змін у методах та технологіях будівництва. Для активізації впливу будівельної галузі на економіку країни потрібні значущі зміни як у кількісному, так і в якісному аспектах. Ці трансформації сприятимуть більш ефективному виконанню завдань щодо розширення обсягів житлового будівництва та впровадженню значущих інфраструктурних проєктів, відкриваючи можливості для розвитку промислово-економічного потенціалу.

Системи водопостачання та водовідведення відіграють ключову роль у забезпеченні життєвих потреб населення та стабільності міського середовища. Впровадження інновацій, таких як ВІМ-технології, у процес проектування

інженерних систем водопостачання та водовідведення може вирішити проблеми ефективності, ресурсозбереження та стійкості до змін у водних системах.

Крім того, розвиток кадрового потенціалу в галузі водопостачання та водовідведення має велике значення. Фахівці повинні мати глибокі знання щодо сучасних технологій, стандартів безпеки та ефективного управління водними ресурсами. Підготовка кваліфікованих кадрів, які здатні впроваджувати інновації в системи водопостачання та водовідведення, стає стратегічно важливою для сталого розвитку й удосконалення якості інфраструктури.

Отже, взаємодія інноваційного розвитку, підвищення кваліфікації кадрів та використання передових технологій в галузі водопостачання та водовідведення стала необхідною для створення сучасної та конкурентоспроможної будівельної галузі в Україні.

Практично кожна будівельна компанія в певному відношенні відчуває дефіцит спеціалістів, і це стосується не лише фахівців робітничих професій, а й інженерно-технічних працівників. Діюча система вищої освіти, що включає підготовку бакалаврів і магістрів, в тому числі для будівельної галузі, не адаптована до потреб будівельної промисловості.

Рівень професійної освіти та, в остаточному підсумку, рівень підготовки випускника (бакалавра або магістра) визначається забезпеченням таких якостей: відбір абітурієнтів та подальшого формування студентського складу з урахуванням вимог будівельної галузі; якість викладацького корпусу; зміст освітньої програми, включаючи аспекти будівництва інженерних мереж водопостачання та водовідведення; умови та якість освітнього середовища; ефективність педагогічних технологій, у тому числі в контексті будівництва інженерних мереж водопостачання та водовідведення; організація та ресурсне забезпечення освітнього процесу; якість участі фахівця у виробництві товарів чи послуг, інклюзивно в галузі будівництва інженерних мереж; якість соціокультурної активності в суспільстві; і, зрештою, якість життя самого фахівця, його можливостей самореалізації, з урахуванням впливу будівництва інженерних мереж водопостачання та водовідведення.

Ринкові умови визначають реальну ціну «товару», який надходить на нього – випускника вишу, і вона визначається якістю його практичної підготовки. Так само, як у звичайному товарі, якість професійної освіти визначається ступенем задоволення потреби користувача, але в контексті освітньої сфери це включає збалансованість результатів та процесу навчання, а також відповідність освітньої системи різноманітним потребам, цілям, вимогам, нормам і стандартам.

Мета статті – дослідити використання BIM-технологій для підвищення ефективності та точності проектування систем водопостачання та водовідведення.

Результати досліджень. Найбільш актуальні виклики, які постають перед будівельною галуззю, – це поліпшення стану архітектурно-промислового комплексу та інженерних мереж, де існує низка труднощів, що впливають на якість розроблених проектів та терміни їх створення. Серед цих труднощів: відсутність єдиної організаційної методології для проектно-розвідувальної діяльності; недостатню підготовку кадрів; відсутність розумної цінової політики щодо проектно-розвідувальних робіт та заниження замовниками вартості цих робіт; недосконалість нормативно-правової та нормативно-технічної бази проектування, включаючи відсутність єдиної стратегії її розвитку; недосконалість методології та технології проектування, включаючи типове проектування; недосконалість інституту експертизи проектно-документації та результатів інженерних навчань; відсутність якісного вітчизняного програмного забезпечення для проектних робіт та інше.

Реалізація заходів із поетапного впровадження BIM-технологій сприятиме підвищенню конкурентоспроможності будівельного комплексу на міжнародному ринку, поліпшенню якості проектування, наукових досліджень та будівництва об'єктів, зниженню вартості на етапі проектування та експертизи проектно-документації, а також забезпечить зменшення ризиків виникнення непередбачуваних ситуацій [1].

BIM-технологія – це інструмент для створення тривимірної моделі з метою візуалізації об'єкта та розроблення проектно-документації. BIM не лише охоплює тривимірне зображення об'єкта, а й включає процеси та методи спільної роботи з інформацією про будівництво на всіх етапах життєвого циклу будинку чи споруди: проектування, будівництво, експлуатація, реконструкція та знесення. BIM-модель містить дані про інтелектуальні об'єкти та їх параметричні взаємозв'язки. Це дозволяє приймати управлінські рішення на будь-якому етапі, а нові дані можуть додаватися протягом усього життєвого

циклу будівельного об'єкта. Інформаційна модель слугує базою даних для систем закупівель, календарного планування, управління проектами та інших підприємницьких систем. Оцінка рівня деталізації BIM-моделі на кожному етапі життєвого циклу – важливий аспект упровадження технології BIM.

Використання цієї технології дозволяє оптимізувати процес будівництва, який відомий своєю великою витратністю. З використанням інформаційної моделі будівлі можна отримати вельми точний розрахунок вартості об'єкта, що надає можливість ефективного управління витратами на його будівництво.

Інформаційне моделювання будівлі (Building Information Modeling, BIM) являє собою технологію оптимізації процесів проектування та будівництва. В основі цієї технології лежить використання єдиної моделі будівлі та обмін інформацією щодо будь-якого аспекту об'єкта між всіма учасниками процесу протягом усього його життєвого циклу – від задуму власника та перших нарисів архітектора до технічного обслуговування готової будівлі [1].

Технології BIM допомагають виконувати різноманітні завдання, серед яких важливі: створення концептуальної моделі майбутнього об'єкта; варіативне проектування; техніко-економічне обґрунтування; розташування об'єкта будівництва в існуючій забудові; представлення проекту для огляду зацікавленими сторонами; якісне проектування відповідно до установлених термінів; створення інформаційної моделі; колективна робота територіально віддалених підрозділів, які беруть участь у розробленні та реалізації проекту; координація всіх відділів; отримання робочої документації; усунення дублюючих даних; взаємодія між проектним відділом та будівельниками; підготовка організації та управління будівництвом; визначення термінів за допомогою 4D-календарного та мережевого графіків виробництва робіт; розрахунок вартості будівництва за допомогою 5D-загального розрахунку;

визначення потреб у матеріалах; організація та управління будівництвом; проведення будівельного нагляду; відстеження динаміки виконання робіт; порівняння плану та факту; контроль за відхиленнями; швидкий пошук інформації про об'єкт будівництва; забезпечення достовірною інформацією; взаємодія з системами експлуатації [2].

Запровадження BIM-проекування у вищу освіту в Україні тільки розпочинається, особливо щодо проектування інженерних мереж. Якщо курси BIM-проекування для майбутніх архітекторів є вже стандартом, то щодо проектування мереж водопостачання важко знайти відповідних фахівців, і ще складніше – викладачів [3].

Building Information Modelling (BIM) стало потужним інструментом для розвитку та управління будівельними проектами. Використання BIM-технології в рамках продуктів Autodesk, таких як Autodesk Revit, має численні переваги, що дозволяє: різним командам (архітекторам, інженерам, будівельникам) співпрацювати в одному цифровому середовищі. Autodesk BIM-продукти забезпечують інтеграцію між різними дисциплінами і дозволяють обмінюватися даними в режимі реального часу; виробляти 3D-моделі будівлі, що полегшує проектування та розроблення; виявляти конструктивні та функціональні проблеми ще на етапі проектування, що зменшує кількість помилок під час будівництва; проводити різні аналізи, такі як аналіз енергоефективності, структурний аналіз та інші; вдосконалювати проект та оптимізувати його під різні критерії; враховувати всі етапи життєвого циклу будівлі – від проектування до будівництва, експлуатації та реконструкції. Це полегшує управління об'єктом протягом усього терміну його існування.

Завдяки цифровому проектуванню та координації BIM дозволяє зменшити витрати на будівництво та уникнути помилок, пов'язаних із неправильним розумінням планів. Autodesk BIM-продукти автоматизують процес створення документації, включаючи плани,

специфікації та звітності. Це полегшує обмін інформацією між учасниками проекту.

Revit, відомий як Autodesk Revit, – це комплекс програм, що ґрунтується на технології інформаційного моделювання будівель. Призначений для використання проектувальниками та архітекторами, цей інструмент дозволяє проводити двовимірне проектування деталей декору, тривимірне моделювання будівельних елементів та створення користувацьких об'єктів. Зокрема, Revit сприяє колективній співпраці над проектом, розпочинаючи з концепції і завершуючи випуском готових креслень та специфікацій.

Autodesk розробила три різновиди Revit для використання на різних етапах проектування будівель: Revit Structure призначений для проектування несних конструкцій, Revit Architecture – для архітекторів і дизайнерів будівель, а Revit MEP – для інженерів, які працюють над електропостачанням, вентиляцією та водопостачанням. Завдяки можливості тривимірного моделювання реалізується індивідуальність кожного проекту. База даних Revit надає зручність у виявленні всієї інформації про проект на різних етапах від ідеї до будівництва та демонтажу споруди.

Autodesk Revit MEP – програмне забезпечення, розроблене для проектування інженерних систем і комунікацій у будівлях. MEP у назві вказує на «Mechanical, Electrical, and Plumbing», що в перекладі з англійської означає «механічні, електричні та санітарні» системи. Це програмне забезпечення призначене для фахівців у галузі будівництва та проектування для полегшення процесів проектування і управління проектами.

Revit MEP надає інтегроване середовище для проектування різних інженерних систем, таких як системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, електрики та санітарії. Завдяки цьому програмному забезпеченню інженери можуть працювати в спільному середовищі, обмінюватися даними та взаємодіяти між різними аспектами проекту.

Revit MEP дозволяє використовувати параметризовані об'єкти, що спрощує процес створення та редагування систем. Він також забезпечує можливість автоматизації розрахунків та аналізу різних характеристик систем.

Це програмне забезпечення складає частину сімейства Revit, яке включає інші версії для архітектурного та структурного проектування. Revit узагальнює дані проекту в одному файлі, що сприяє спільній роботі різних спеціалістів над проектом і підвищує ефективність проектування та будівництва.

Autodesk Revit MEP, призначений для проектування інженерних мереж, може бути освоєний під час вивчення таких дисциплін як «Інженерне обладнання систем опалення та вентиляції», «Санітарно-технічне обладнання будівель», «Проектування та експлуатація систем внутрішнього водопостачання та водовідведення», «Системи водопостачання та водовідведення населених міст», «ВІМ технології проектування інженерних мереж та комунікацій», «Автоматизовані технології проектування систем водопостачання та водовідведення» тощо.

Під час виконання комплексного курсового завдання, яке охоплює від об'ємно-планувального рішення будівлі до розробки проекту організації її будівництва, проектування інженерних мереж з використанням ВІМ-технологій, є всі передумови вважати, що студент отримає не лише глибокі теоретичні знання із загально-професійних та спеціальних дисциплін, й суттєво їх вивчить і закріпить.

Це станеться завдяки тому, що студент не лише має мотивацію отримати на професійному рівні навички роботи із сучасними програмними продуктами, а й сформує цілісне розуміння багатоступінчастого проектування та нерозривної взаємодії всіх інтелектуальних технічних елементів будівлі (конструкції та матеріали, мережі, машини та механізми тощо), а також отримає навички роботи в команді. Такий підхід може бути також

використаний для виконання кваліфікаційної роботи.

Важливо зазначити, що співпраця з провідними компаніями України, такими як buildit.lab, вносить додатковий вагомий вклад у вдосконалення освітнього процесу та навчання студентів у сфері будівельних технологій. Buildit.lab, як інноваційний центр та партнер у галузі BIM-технологій, надає здобувачам освіти можливість отримати не лише теоретичні знання, а й практичні навички роботи з BIM-технологіями.

Ця співпраця дозволяє студентам та професіоналам у галузі будівництва зануритися в реальне використання BIM-технологій у професійному середовищі. Buildit.lab може забезпечити доступ до сучасного обладнання та програмного забезпечення, яке використовується в промисловості; проводить воркшопи та тренінги, щоб практично навчити роботи з цифровими моделями будівель та інфраструктурних систем.

Отримані від buildit.lab навички використання BIM-технологій стають важливою конкурентною перевагою для випускників та фахівців на ринку праці. Вони можуть ефективно застосовувати свої знання в реальних проектах та сприяти подальшому розвитку будівельної галузі в Україні [4].

Така партнерська взаємодія між освітніми установами і провідними компаніями сприяє інтеграції новітніх технологій у навчальний процес та допомагає студентам стати кваліфікованими фахівцями, готовими до викликів індустрії XXI століття.

Дослідивши можливості Revit, які забезпечують систематизоване та вдосконалене моделювання для інженерних мереж та комунікацій, ми визначили такі переваги: BIM дозволяє інженерам докладно проаналізувати проект перед будівництвом, що допомагає виявляти та усувати потенційні проблеми та помилки; цифрова модель дозволяє краще управляти ресурсами та оптимізувати використання матеріалів та обладнання; BIM сприяє

поліпшенню якості проектування інженерних мереж, що впливає на якість будівництва та ефективність експлуатації. Використання BIM-технологій у проектуванні систем водопостачання та водовідведення дає можливість створення детальних цифрових моделей інфраструктури.

Ці моделі включають всі необхідні дані про трубопровідні системи, насоси, водонапірні башти, водоприймальні споруди та інші компоненти. BIM-технології дозволяють ретельно моделювати всі аспекти систем водопостачання та водовідведення, враховуючи геометричні, інженерні та технічні параметри.

Такі моделі дозволяють інженерам та проектувальникам виявити та усунути потенційні проблеми на етапі проектування, отримати повний пакет інформації про об'єкт ще до початку будівельних робіт.

Після завершення будівництва BIM може використовуватися для ефективного управління та обслуговування інженерних комунікацій під час експлуатації об'єкта.

Хоча технології BIM (Building Information Modelling) надають численні переваги у проектуванні інженерних мереж та комунікацій, важливо також враховувати деякі потенційні недоліки: впровадження BIM може вимагати значних витрат на навчання персоналу та придбання спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення; деякі проблеми можуть виникнути через несумісність між різними програмними платформами, що використовуються різними учасниками проекту; працівники можуть виявити опір при переході на нову технологію, особливо якщо вони не знайомі з BIM.

Це може вплинути на швидкість та якість виконання робіт; національні та міжнародні стандарти BIM можуть відрізнятися, що ускладнить спільну роботу між різними проектними командами; використання BIM може зумовити великі обсяги даних, що вимагає потужних комп'ютерів та ефективного управління інформацією; технології швидко змінюються, і використання BIM вимагає

постійного оновлення як із точки зору програмного забезпечення, так і з точки зору навичок користувачів.

Висновки

Впровадження технологій BIM (Building Information Modelling) у сфері проектування систем водопостачання та водовідведення виявилось ключовим кроком у вдосконаленні робіт та підвищенні ефективності будівельного процесу. Створення цифрових моделей дозволило інтегрувати різні аспекти проекту, що сприяє взаємодії всіх учасників будівельного процесу, таких як архітектори, інженери та замовники.

Використання BIM у сфері водопостачання та водовідведення дозволяє ефективно управляти інформацією про всі аспекти системи, включаючи трубопроводи, насоси, резервуари та інші елементи. Це сприяє уникненню конфліктів та помилок, а також забезпечує оптимальне використання ресурсів та підвищує якість проектування.

Активна співпраця всіх зацікавлених сторін, таких як інженери, архітектори, замовники та будівельні підрядники, у сфері BIM стала важливим фактором успіху модернізації будівельної галузі. Забезпечуючи зручний обмін інформацією та взаємодію між різними спеціалізованими групами, BIM сприяє швидкому та точному

прийняттю рішень на кожному етапі будівельного процесу.

Громадський захист та участь громадськості у вирішенні питань галузі водопостачання та водовідведення стають важливими чинниками, що сприяють розвитку та впровадженню новітніх технологій. Залучення громадськості забезпечує більший спектр поглядів та допомагає вирішувати екологічні та соціальні аспекти у плануванні та виконанні проектів водопостачання та водовідведення.

Детальні BIM-моделі дозволяють ефективно координувати роботу різних підрядників та планувати послідовність будівельних операцій. Зменшується ризик конфліктів та незгоджень, які можуть спричинити затримки та збільшення вартості проекту.

Упровадження BIM-технологій в навчальний процес має величезний потенціал для трансформації будівельної сфери в Україні. Це не лише сприяє оптимізації робіт та поліпшенню планування проектів, а й впливає на сталість та якість інфраструктурних об'єктів. Завдяки цим технологіям Україна може забезпечити стабільний розвиток будівельної галузі та вдосконалити інфраструктуру, що є важливо для загального економічного прогресу та підвищення якості життя громадян.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Возврат инвестиций в технологию BIM. Autodesk, 2007. 345 с.
2. BIM та ISO 19650 у контексті управління проектами. Організація та оцифрування інформації про будівлі і споруди з інформаційним моделюванням будівель (BIM). URL: https://iceg.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/EFCA_Flipbook_BIM_ukr.pdf
3. Кравченко О., Хоружий В., Любенко В., Недашковський І. BIM-технології в проектуванні інженерних мереж. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2023. № (42). С. 29–34. URL: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.29-34>
4. З чого складається системна інженерія : що таке MEP-системи? URL: <https://www.builditlab.org/news/zchogo-skladaetsya-sistemna-inzheneriya-shcho-take-mer-sistemi>

REFERENCES

1. *Vozvrat investitsij v tehnologiyu BIM* [Return on investment in BIM technology]. Autodesk, 2007, 345 p. (in Russian).
2. *BIM ta ISO 19650 u konteksti upravlinnya proyektami. Organizaciya ta ocifrovuvannya informaciyi pro budivli i sporudi z informacijnim modelyuvannjam budivel (BIM)* [BIM and ISO 19650 in the context of project management. Organization and digitization of information about buildings and structures with building information modeling (BIM)]. URL: https://iceg.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/EFCA_Flipbook_BIM_ukr.pdf (in Ukrainian).

3. Kravchenko O., Horuzhij V., Lyubenko V. and Nedashkovskij I. *BIM-tehnologiyi v proyektuvanni inzhenernih merezh* [BIM technologies in the design of engineering networks]. *Problemi vodopostachannya, vodovidvedennya ta gidravliki* [Problems of Water Supply, Drainage and Hydraulics]. 2023, no. (42), pp. 29–34. URL: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.29-34> (in Ukrainian).

4. *Z chogo skladayetsya sistemna inzheneriya : sho take MER-sistemi?* [What does system engineering consist of: what are MER systems?] URL: <https://www.builditlab.org/news/z-chogo-skladaietsya-sistemna-inzheneriya-shcho-take-mer-sistemi> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 20.02.2024.

УДК 002:005.5+651.4:338.24

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.115.1031

ДОКУМЕНТУВАННЯ РУХУ ПЕРСОНАЛУ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЯК СКЛАДОВА СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

ПРОКОФ'ЄВА К. А.^{1*}, канд. філол. наук, доц.,
РЕШЕТИЛОВА О. М.², канд. пед. наук, доц.

^{1*} Кафедра документознавства та інформаційної діяльності, ННІ «Інститут промислових та бізнес технологій» Українського державного університету науки і технологій, пр. Гагаріна, 4, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 760-79-90, e-mail: canopa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4242-3346

² Кафедра документознавства та інформаційної діяльності, ННІ «Інститут промислових та бізнес технологій» Українського державного університету науки і технологій, пр. Гагаріна, 4, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 585-08-23, e-mail: karunga@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7975-0773

Анотація. Документаційне забезпечення управління охоплює кілька документаційних систем. Системи діловодства відображають закономірності та особливості тієї чи іншої сфери діяльності. Одна з таких систем – кадрова документація. Визначення особливостей та специфіки кадрового діловодства важливе для розуміння його місця в системі управління. У зв'язку з цим постає проблема з'ясування ролі кадрової документації в управлінських процесах організації, її аналізу з точки зору виконуваних функцій. Вивчення кадрового діловодства як окремої підсистеми в документаційному забезпеченні управлінських процесів установи покладено в основу цієї роботи.

Ключові слова: *кадри; документ; кадровий документ; система документів; документознавство; кадрова робота; рух персоналу; менеджмент персоналу; управління підприємством*

DOCUMENTATION OF PERSONNEL MOVEMENT AT THE ENTERPRISE AS A COMPONENT OF THE MODERN MANAGEMENT SYSTEM

PROKOFIEVA K.A.^{1*}, *Cand. Sc. (Phil.), Assoc. Prof.*,
RESHETILOVA O.M.², *Cand. Sc. (Ped.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Business Documentation Management and Information Activity, ERI “Institute of Industrial and Business Technologies” of the Ukrainian State University of Science and Technology, 4, Gagarin Av., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (095) 760-79-90, e-mail: canopa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4242-3346

² Department of Business Documentation Management and Information Activity, ERI “Institute of Industrial and Business Technologies” of the Ukrainian State University of Science and Technology, 4, Gagarin Av., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (097) 585-08-23, e-mail: karunga@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7975-0773

Abstract. Modern society faces a complex of problems related to the effective use of information. The combination of document studies with theoretical and applied management tasks makes it possible to talk about the existence of a separate document category that provides management processes. Documents are the basis for making and implementing management decisions and at the same time are their reflection. The level of management documentation, or record keeping, is an important factor in the effectiveness of any enterprise, institution, or organization. Management documentation covers several documentation systems. They, solving general issues, reflect the regularities and peculiarities of one or another sphere of activity. One of such systems is personnel documentation.

Highlighting the specifics of personnel administration is important for understanding its place in the management system. In this connection, the problem arises of determining the personnel documentation role in the management processes of the organization, its analysis from the point of view of the performed functions. The study of personnel records as a separate subsystem in the documentation support of management processes is the basis of this work. The relevance of the problems discussed in the work is due to the modern development of Ukraine's economy. Objectively, personnel administration acts as a mediator between two areas that do not entirely coincide: between labor legislation and the personnel management system. Today, issues of organizing an effective system of work with personnel at enterprises, institutions and organizations are becoming more and more important. In this regard, the role of personnel administration is growing, and the analysis and improvement of the work organization for the personnel service is gaining special relevance.

Keywords: *personnel; document; personnel document; document system; document science; personnel work; personnel movement; personnel management; enterprise management*

Трудова діяльність працівника в сучасній Україні документально відображається в механізмах прийняття на роботу, звільнення, переведення, надання відпусток тощо. Документування трудової діяльності виконує відділ кадрів або працівник, який відповідає за дану роботу. Працевлаштування претендента на посаду здійснюється у такому порядку:

- подання особистої заяви претендента;
- укладання трудового договору (контракту);
- оформлення наказу;
- заведення (заповнення) трудової книжки;
- заведення особової картки;
- відкриття рахунку заробітної плати на ім'я працівника;
- заведення особової справи.

Заява про прийняття на роботу пишеться від руки в одному примірнику на бланку або чистому аркуші паперу. Разом із нею претендент повинен подати низку документів, передбачених КЗпП та Правилами внутрішнього трудового розпорядку: паспорт, трудову книжку, довідку про присвоєння ідентифікаційного номера, в разі необхідності – документи про освіту, стан здоров'я. Законодавством заборонено приймати на роботу без відповідних документів [9, с. 249] і вимагати від осіб певні відомості або документи, подання яких не передбачене законодавством [8, с. 16].

Укладання трудового договору або контракту оформляється наказом керівника про прийняття працівника на роботу. В наказі вказуються: умови працевлаштування

(за сумісництвом, на тимчасову роботу, із випробувальним терміном, в порядку переведення); посада; з якого числа прийнято на роботу; система оплати праці. Накази оформляються у двох примірниках на бланку або чистому аркуші паперу. Один примірник наказу підшивається до особової справи, а другий направляється до бухгалтерії.

Наказами з особового складу оформляються також заохочення, стягнення, відпустки, переведення і звільнення. Кожна із цих процедур регламентується відповідними законодавчими та нормативними актами. Підставою для підготовки проекту наказу можуть бути: вказівки керівника організації, доповідна записка керівника підрозділу, копія листа про переведення з іншої організації, заява працівника, підписаний контракт, рекомендація конкурсної або атестаційної комісії, а також інші документи, передбачені законодавством, із відповідною резолюцією керівника [3, с. 38]. Наказ (розпорядження) набуває чинності з моменту підписання (реєстрації), якщо в його тексті не обумовлено інший термін.

Накази з особового складу мають реєстраційний індекс із позначкою: «К» (кадри) або «ОС» (особовий склад). Наприклад: № 150-К, № 45-ОС. Нормативні документи встановлюють заборону на зміну індексу протягом року (від 1 січня до 31 грудня). Це пов'язано із формуванням річних блоків документації для збереження в архівах, яке здійснюється на основі індексації [3, с. 40]. Накази реєструються у

журналі, який ведеться протягом календарного року.

При прийнятті на роботу заводиться особова справа працівника. Вона являє собою сукупність документів, які містять відомості про працівника. До особової справи входять такі документи: особовий листок з обліку кадрів і додаток до нього; складена автобіографія; копії документів про освіту, науковий ступінь (якщо є), характеристики та рекомендаційні листи; копії наказів про прийняття, переведення, звільнення та документи, на підставі яких вони видаються (контракт, подання, лист про переведення тощо); матеріали проведення атестацій; внутрішній опис документів. Не допускається включення до особових справ наказів про відпустки, відрядження, направлення на курси перепідготовки та підвищення кваліфікації.

Ведення особових справ працівників регламентується нормативними актами кадрової служби. Особова справа державних службовців оформляється відповідно до вимог Постанови КМУ № 731 від 25.05.1998 р. «Про порядок ведення особових справ державних службовців» [11]. Видача особових справ для службового користування здійснюється лише на підставі дозволу керівника і фіксується у спеціальному журналі або контрольній картці. Видана особова справа повинна бути повернена до кадрової служби протягом доби. При користуванні особовою справою категорично заборонено робити правки або вносити до справи чи вилучати з неї будь-які документи.

Механізм звільнення працівника з роботи здійснюється за такою схемою:

- написання заяви про звільнення (припинення терміну контракту);
- оформлення наказу про звільнення;
- запис у трудовій книжці та видача її працівникові;
- запис в особовій картці форми П-2;
- закриття особистого рахунку працівника та повний розрахунок з ним.

Заява про звільнення подається працівником не менше ніж за два тижні до ймовірного терміну припинення трудової

діяльності. Керівник підприємства повинен погодити заяву та видати наказ про звільнення, у трудовій книжці та особовій картці форми П-2 робиться відповідний запис. Копія наказу про звільнення направляється до бухгалтерії, де на його підставі здійснюється закриття особистого рахунку й повний фінансовий розрахунок з працівником [1, с. 160]. В разі припинення терміну дії контракту, якщо він не продовжується і не переукладається, також видається наказ про звільнення.

Механізм переведення працівника на іншу посаду передбачає складання подання (заява працівника або службова записка керівника), у якому обґрунтовано переведення на іншу посаду.

Копії наказів про переведення на іншу посаду в межах організації направляються до особової справи, бухгалтерії, а в разі зміни окладу здійснюються відповідні зміни на особистому рахунку працівника. Згідно з КЗпП, переведення на іншу роботу в межах організації або в іншу організацію, а також в іншу місцевість допускається тільки зі згоди працівника, за винятком випадків, передбачених законодавством [9, с. 18].

Існує низка документів, які обов'язково мають бути у кадровій службі. Обов'язковість деяких документів прямо визначена законодавством. Наприклад, обов'язковість трудових книжок, графіка відпусток тощо. Трудова книжка – це документ встановленого зразка, у якому фіксується стаж роботи працівника, одержані ним заохочення і нагороди, професійне зростання. Вона являє собою основний документ для встановлення загального, безперервного і спеціального стажу роботи [3, с. 53]. Це важлива інформація для трьох сторін: працівника, працедавця і держави, оскільки на її підставі вирішуються основні питання соціального страхування, такі як: оплата тимчасової непрацездатності, встановлення пільг за роботу у шкідливих умовах або в певних регіонах, оплата за вислугу років, пенсійне забезпечення.

У самостійній Українській державі першим директивним документом щодо

трудовах книжок стала Постанова КМУ № 301 від 27.04.1993 р. «Про трудові книжки працівників» [12]. Цією постановою запроваджено новий зразок бланків трудових книжок і вкладишів до них, встановлено порядок забезпечення ними всіх підприємств, установ та організацій. Чинна нині «Інструкція про порядок ведення трудових книжок працівників» (далі – Інструкція) була затверджена наказами Міністерства праці України, Міністерства юстиції України, Міністерства соціального захисту України від 29.07.1993 р. № 58 [3, с. 53]. Нею встановлено, що трудові книжки попередніх зразків обміну не підлягають, і визначені чіткі правила провадження цих документів у нинішніх умовах.

Трудові книжки заводяться для усіх працівників, які працюють більше п'яти днів, включаючи власників та співвласників господарств, тимчасових працівників, позаштатних працівників, якщо вони підлягають державному соціальному страхуванню. При працевлаштуванні працівникові необхідно подати до відділу кадрів трудову книжку, оформлену за єдиним встановленим порядком [2, с. 54]. На осіб, які раніше не працювали, трудові книжки заводяться не пізніше п'яти днів після прийняття. Видача та заповнення трудових книжок здійснюється на основі Інструкції.

Трудова книжка містить такі розділи: «Відомості про роботу», «Відомості про нагороди», «Відомості про заохочення». До трудової книжки вносяться:

- відомості про працівника: ПІБ, дата народження, освіта, професія, спеціальність;
- відомості про прийняття на роботу, посаду, переведення, звільнення;
- відомості про заохочення та нагороди;
- відомості про відкриття, на які видані дипломи, про використані винаходи і раціоналізаторські пропозиції та про виплачені винагороди.

Кадрова служба для обліку трудових книжок веде дві книги: книга обліку бланків трудових книжок та книга обліку руху

трудовах книжок. Ці документи ведуться за формами, затвердженими наказом Міністерства статистики України від 27.10.1995 р. № 277 [2**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, с. 77]. У них реєструються всі трудові книжки і вкладиші, оформлені на працівників, а також одержані від працівників при зарахуванні на роботу. Книги мають бути із пронумерованими сторінками, прошнуровані та скріплені підписом керівника організації і печаткою.

У більшості організацій окремі працівники періодично від'їжджають у відрядження. Кожне відрядження обов'язково документується [1, с. 180]. Відрядження оформляється наказом з основної діяльності. У посвідченні про відрядження зазначаються такі відомості: ПІБ особи; посада; термін і мета відрядження; підстава; документ, який засвідчує особу.

Посвідчення про відрядження, як правило, мають трафаретну форму або форму бланка формату А5 зі штампом організації. Воно підписується керівником або його заступником і завіряється печаткою. Посвідчення про відрядження видається на руки працівнику після запису в реєстраційному журналі, де у відповідній графі проставляється дата видачі та підпис. До посвідчення, після завершення відрядження, працівник прикладає фінансові документи (оплата проживання, проїзд, харчування тощо) [1, с. 182]. Ці документи разом зі звітом про результати виконаної роботи подаються до бухгалтерії.

Стаття 45 Конституції України проголошує право працівників на відпочинок [10, с. 25]. Це право забезпечується наданням вихідних днів та щорічної оплачуваної відпустки. Згідно зі статтею 10 Закону України «Про відпустки» [4] та статтею 79 КЗпП України [8], щорічна відпустка повної тривалості у перший рік роботи надається працівнику після шести місяців безперервної роботи в даній організації. Черговість надання щорічних відпусток визначається графіком відпусток, який доводиться до відома усіх працівників

[2Ошибка! Источник ссылки не найден., с. 28].

Форма графіка відпусток уніфікована та містить такі реквізити: найменування установи, вид документа, дата, індекс, місце укладання, гриф затвердження, заголовок до тексту, власне текст (у вигляді таблиці), підпис відповідальної особи (керівника кадрової служби), візи керівників, гриф погодження із профспілковою організацією.

Якщо структура підприємства розгалужена, в такому разі графіки відпусток складаються у кожному структурному підрозділі, а відділ кадрів на їх основі готує зведений графік відпусток. У складанні графіка враховуються: норми чинного законодавства, особливості роботи підприємства, особисті побажання працівників та ін.

На підставі затвердженого графіка відпусток або заяви працівника видається наказ про надання відпустки за формою № П-6. Наказ складається у двох примірниках. Перший примірник залишається у відділі кадрів, другий – передається у бухгалтерію. На підставі наказу в особову картку вноситься запис у відділі кадрів за формою П-2 в розділі «Відпустки», де зазначається: вид відпустки, за який період, дата початку і закінчення, підстава (номер і дата наказу) **[2Ошибка! Источник ссылки не найден., с. 30].** Для оперативного контролю за наданням відпусток протягом робочого року та їх обліку в кадровій службі ведеться журнал обліку відпусток.

Реалізація прав на пенсійне забезпечення працівників здійснюється на основі Закону України «Про пенсійне забезпечення» **[7Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. На кадрову службу покладається обов'язок після реєстрації заяви про призначення пенсії у 10-денний термін разом із профспілковим органом оформити подання, довідку про заробітну плату та скерувати їх до органу пенсійного фонду, який знаходиться за місцем проживання заявника.

Бланк подання передбачає вичерпну інформацію, необхідну для призначення

пенсії. Працівник кадрової служби повинен правильно заповнити всі графи і вчасно направити документи за призначенням.

Згідно зі статтею 5 Закону України «Про державну статистику» [5], міністерства та відомства мають право збирати відомчу інформацію за затвердженими формами статистичної звітності. Обсяги відомчої звітності визначаються за погодженням з органами державної статистики.

Підготовка державної статистичної звітності здійснюється відповідно до наказу Міністерства статистики України № 33 від 23.10.1997 р. Всі установи, підприємства й організації, незалежно від форм власності, подають органам державної статистики звіти за формами:

- № 1-ПВ річна «Звіт про стан умов праці, пільги і компенсації за роботу у несприятливих умовах»;
- № 1-ПВ термінова-місячна «Звіт про стан заборгованості по заробітній платі»;
- № 6-ПВ річна (зведена) «Чисельність окремих категорій працівників та підготовка кадрів».

Подання названих форм звітності відбувається за вказівками органу державної статистики та вищого органу. Звіт за формою № 6-ПВ готується кадровою службою організації і подається щороку не пізніше 5 січня.

Відповідно до Закону України «Про зайнятість населення» [6], підприємства, установи, організації незалежно від форм власності зобов'язані подавати до державної служби зайнятості інформацію відповідно до наступних статистичних форм, затверджених наказом Міністерства статистики України від 28.01.93 р. № 7 [2, с. 53]:

- форма № 3-ПН, поштова місячна, «Звіт про наявність вільних робочих місць (вакантних посад) та потребу у працівниках»;
- форма № 4-ПН, поштова (за необхідності), «Звіт про вивільнення працівників»;
- форма № 5-ПН-1, щодакна, «Відомості про прийнятих працівників».

Кадрове діловодство ведеться на рівні

загального (адміністративного) діловодства, паралельно з ним, а не як його окремих елемент. Правомірною з юридичної точки зору взаємодія двох суб'єктів – працедавця і працівника – можлива за умов належного правового регулювання їх стосунків. Закріплення трудових відносин на основі чинного законодавства реалізується шляхом створення кадрової документації.

Правова основа кадрового діловодства формується низкою законодавчих та нормативних актів соціального спрямування, серед яких основним є Кодекс законів про працю України. Ведення кадрового діловодства чітко регламентується нормативними документами, які встановлюють типові

форми окремих видів документів, загальні правила їх складання й оформлення.

Документація з особового складу формується як результат роботи з кадрами. Вона характеризує правові, трудові та службові взаємовідносини окремої особи з організацією. У документації з особового складу відображається діяльність організації з питань обліку, прийняття, переведення, перепідготовки, атестації, заохочення, стягнення, пенсійного забезпечення тощо.

Найсуттєвіша риса кадрового діловодства полягає в тому, що воно тісно пов'язане з управлінням персоналом організації, становить його основу і в той же час є його відображенням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блощинська В. А. Сучасне діловодство : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2005. 320 с.
2. Козоріз В. П., Лаписька Н. І. Загальне і кадрове діловодство : навч. посіб. Київ : МАУП, 2002. 168 с.
3. Макух Я. Д., Залуцький І. Р. Кадрове діловодство : навч. посібник. Київ : Знання, 2006. 143 с.
4. Україна. Верховна Рада. «Про відпустки» : Закон України. Відомості Верховної Ради України. 1997. № 2. Ст 4.
5. Україна. Верховна Рада. «Про державну статистику» : Закон України. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 15. Ст 198.
6. Україна. Верховна Рада. «Про зайнятість населення» : Закон України. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 14. Ст 170.
7. Україна. Верховна Рада. «Про пенсійне забезпечення» : Закон України. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 3. Ст 10.
8. Україна. Закони. Кодекс законів про працю України : офіційне видання. Київ : Форум, 2008. 170 с.
9. Україна. Закони. Кодекс України про адміністративні правопорушення : офіційне видання. Київ : Концерн «Видавничий дім Ін Юре», 2002. 516 с.
10. Україна. Закони. Конституція (Основний закон) : офіційне видання. Київ : Форум, 2008. 47 с.
11. Україна. Кабінет Міністрів України. Про порядок ведення особових справ державних службовців в органах виконавчої влади : Постанова. Звід постанов Кабінету Міністрів України : Зібрання законодавства України. Сер. 2. 2001. № 5. Ст 303.
12. Україна. Кабінет Міністрів України. Про трудові книжки працівників : Постанова. Звід постанов Кабінету Міністрів України : Зібрання законодавства України. Сер. 2. 1998. № 5. Ст 337.

REFERENCES

1. Bloschchynska V.A. *Suchasne dilovodstvo : navch. posib.* [Modern office management : tutorial]. Kyiv : Tsentri Navchal'noyi Literatury Publ., 2005, 320 p. (in Ukrainian).
2. Kozoriz V.P. and Lapyska N.I. *Zahalne i kadrove dilovodstvo : navch. posib.* [General and personnel administration : tutorial]. Kyiv : MAUP Publ., 2002, 168 p. (in Ukrainian).
3. Makukh Ya.D. and Zalutskyi I.R. *Kadrove dilovodstvo : navch. posib.* [Personnel administration : tutorial]. Kyiv : Znannia Publ., 2006, 143 p. (in Ukrainian).
4. *Ukraina. Verkhovna Rada. "Pro vidpustky": Zakon Ukrayiny* [Ukraine. Verkhovna Rada. "About state statistics" : Law of Ukraine]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 1997, no. 2, Art. 4. (in Ukrainian).
5. *Ukraina. Verkhovna Rada. "Pro derzhavnu statystyku": Zakon Ukrayiny* [Ukraine. Verkhovna Rada. "About state statistics" : Law of Ukraine]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 1992, no. 15, Art. 198. (in Ukrainian).

6. *Ukraina. Verkhovna Rada. "Pro zainiatist naseleattia" : Zakon Ukrayiny* [Ukraine. Verkhovna Rada. "About population employment" : Law of Ukraine]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 1991, no. 14, Art. 170. (in Ukrainian).

7. *Ukraina. Verkhovna Rada. "Pro pensiine zabezpechennia" : Zakon Ukrayiny* [Ukraine. Verkhovna Rada. "On pension provision" : Law of Ukraine]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 1992, no. 3, Art. 10. (in Ukrainian).

8. *Ukraina. Zakony. Kodeks zakoniv pro pratsiu Ukrainy* [Ukraine. Laws. Code of Labor Laws of Ukraine]. Official Edition. Kyiv, Forum Publ., 2008, 170 p. (in Ukrainian).

9. *Ukraina. Zakony. Kodeks Ukrainy pro administratyvni pravoporushennia* [Ukraine. Laws. Code of Ukraine on administrative offenses]. Official Edition. Kyiv : Kontsern "Vydavnychiy dim In Yure", 2005, 516 p. (in Ukrainian).

10. *Ukraina. Zakony. Konstytutsiia (Osnovnyi zakon)* [Ukraine. Laws. Constitution (Basic Law)]. Official Edition. Kyiv : Forum Publ., 2008, 47 p. (in Ukrainian).

11. *Ukraina. Kabinet Ministriv Ukrainy. "Pro poriadok vedennia osobovykh sprav derzhavnykh sluzhbovtiv v orhanakh vykonavchoi vlady"* [Ukraine. Cabinet of Ministers of Ukraine. "On the procedure for conducting personal affairs of civil servants in the bodies of executive power"]. *Zibrannia zakonodavstva Ukrainy* [Collection of Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine]. Series 2, no. 5, 2001, art. 303. (in Ukrainian).

12. *Ukraina. Kabinet Ministriv Ukrainy. "Pro trudovi knyzhky pratsivnykiv"* [Ukraine. Cabinet of Ministers of Ukraine. "About the work books of employees"]. *Zibrannia zakonodavstva Ukrainy* [Collection of Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine]. Series 2, no. 5, 1998, art. 337. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 17.02.2024.

УДК 693.972:69.059.28

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.122.1032

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ НА ПРОГРЕСУЮЧЕ ОБВАЛЕННЯ ОДНОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНИХ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПОШУК МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ

РАДКЕВИЧ А. В.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

ДАВИДОВ І. І.^{2*}, *канд. тех. наук, доц.*,

ЧАБАН В. П.³, *канд. тех. наук, доц.*,

КОВТУН К. А.⁴, *аспір.*

¹ Кафедра технології будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0563) 73-15-44, e-mail: a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID ID : 0000-0001-6325-8517

^{2*} Кафедра металевих та дерев'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0562) 46-93-62, e-mail: davydov.ihor@pdaba.edu.ua, ORCID ID : 0000-0002-0948-1299

³ Кафедра металевих та дерев'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0562) 46-93-62, e-mail: chaban.viacheslav@pdaba.edu.ua, ORCID ID : 0000-0002-0948-1299

⁴ Кафедра технології будівельного виробництва та геодезії, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел.: +38 (0563) 73-15-44

Анотація. Проблеми аналізу прогресуючого обвалення будівель стали невід'ємною частиною проектування. Проте досі норми проектування не дають чітких критеріїв алгоритму розрахунку при аналізі миттєвого руйнування (обвалення) конструкцій будівлі. У статті обговорюються проблеми та невизначеності постановки задачі аналізу миттєвого руйнування конструкцій. Для ілюстрації невизначеності застосування методів аналізу будівель на прогресуюче обвалення відповідно до вимог різних нормативів наводяться приклади розрахунку існуючих одноповерхових каркасних виробничих будівель. Для аналізу застосовуються програмні комплекси SCAD Office та ЛІРА-САПР. Порівнюються результати розв'язання динамічної задачі в часовій області при заданні різного часу перерозподілу реакції та результати квазістатичного розрахунку з різними динамічними коефіцієнтами. Виконується порівняння теоретичних результатів прогнозування непропорційної руйнації та фактичного обвалення конструкцій виробничої будівлі, яка була пошкоджена ракетними ударами. Аналізуються наявність важливих розбіжностей результатів розрахунку та їх причини. **Мета статті** – аналіз основних особливостей, що виникають при проектуванні (підсиленні) конструкцій промислових будівель, з врахуванням можливостей їх локальних руйнувань. **Висновок.** Розглянуто деякі проблеми, які треба вирішувати під час проектування або реконструкції промислових будівель, експлуатація яких може бути пов'язана з тими чи іншими локальними руйнуваннями несних конструкцій. Наводяться перспективні конструктивні шляхи ефективного вирішення цих проблем.

Ключові слова : *прогресуюче обвалення; каркас будівлі; ферми; залізобетонні конструкції; вузли-зв'язки*

ANALYSIS OF CALCULATION METHODS FOR PROGRESSIVE COLLAPSE OF SINGLE-STOREY FRAME INDUSTRIAL BUILDINGS AND SEARCH FOR OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE ACCURACY OF CALCULATIONS

RADKEVICH A.V.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

DAVIDOV I.I.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

CHABAN V.P.³, *Ph. D., Assoc. Prof.*,

KOVTUN K.A.⁴, *Postgrad. Stud.*

¹ Department of Construction Technology and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (0563) 73-15-44, e-mail: a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6325-8517

^{2*} Department of Metal and Wooden Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (0562) 46-93-62, e-mail: davydov.ihor@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0948-1299

³ Department of Metal and Wooden Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (0562) 46-93-62, e-mail: chaban.viacheslav@pdaba.edu.ua, ORCID ID : 0000-0002-0948-1299

⁴ Department of Construction Technology and Geodesy, Ukrainian State University of Science and Technology, 2, Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38 (0563) 73-15-44

Abstract. The issues of analysing the progressive collapse of buildings have become an inseparable part of design. However, design standards still do not provide clear criteria for the calculation algorithm in the analysis of instantaneous collapse of building structures. The article discusses the problems and uncertainties of formulating the problem of analysing the instantaneous collapse of structures. To illustrate the uncertainty of applying building analysis methods to progressive collapse in accordance with the requirements of various standards, examples of calculations of existing one-storey frame industrial buildings are given. SCAD Office and LIRA-SCAD software packages are used for the analysis. The results of the solution of the dynamic problem in the time domain are compared with the setting of different times of redistribution of the reaction and the results of the quasi-static calculation with different dynamic coefficients. A comparison is made between the theoretical results of predicting disproportionate destruction and the actual collapse of the structures of the industrial building that was damaged by missile strikes. The presence of important discrepancies in the calculation results and their causes are analyzed. *The purpose of the article* is to analyze the main features that arise when designing (reinforced) structures of industrial buildings, taking into account the possibility of their local destruction. *Conclusion.* The article considers some problems that must be solved during the design or reconstruction of industrial buildings, the operation of which may be associated with one or another local destruction of the bearing structures. Prospective constructive ways of effectively solving these problems are presented.

Keywords: *progressive collapse; building frame; trusses; reinforced concrete structures; connecting joints*

Обговорення проблеми розрахунку конструкцій на прогресуюче обвалення відбувається вже понад 20 років [1–10]. Сьогодні розрахунки на прогресуюче обвалення – необхідний елемент у проектуванні нових або аналізі технічного стану існуючих будівель класів наслідків СС2 та СС3 (згідно з п. 4.3 ДБН В.1.2-14:2018).

Це вимагає додаткових, достатньо трудомістких, розрахунків, які повинні обґрунтувати неможливість появи прогресуючого руйнування для вже існуючих будівель і споруд. Досягнути цього можна за допомогою додавання у конструктивну схему споруди елементів категорії відповідальності А1 (відповідно до п. 5.2.5 ДБН В.1.2-14:2018). При цьому, згідно з вимогами п. 5.2.4 ДБН В.1.2-14:2018, існує певна «шпарина», що дає можливість не використовувати елементі категорії А1 – за наявності обґрунтованих запасів несної здатності конструкцій та їх вузлів.

Проблема полягає у тому, що в існуючих нормах відсутні чіткі критерії, які б дозволяли визначити джерело миттєвих

руйнувань конструкцій будівель звичайного призначення. Наприклад, у разі звичайних механічних пошкоджень конструкцій можливість миттєвого обвалення малоімовірна (якщо ця конструкція не мала попередніх деформацій). Тоді можна припустити, що за відсутності в будівлі вибухонебезпечних процесів або інших джерел, які можуть спричинити миттєве обвалення, відповідно до п. 5.2.5 ДБН В.1.2-14:2018 допускається не вводити елементів категорії А1?

Чіткої відповіді на це питання немає. Крім того, для небезпечних виробництв уже існують рекомендації з часткової нейтралізації шкоди від вибухової хвилі (наприклад, улаштування конструкцій легко скидного стінового огороження та покрівлі). А для захисту від можливих наїздів рухомого транспорту на конструкції можна проектувати обмежувачі руху або робити «набетонки» навколо колон чи біля стін.

Окрім цього, виникає ще одне питання: а чи завжди доцільно виконувати додаткові конструктивні заходи із створення резервів несної здатності? Наприклад, якщо

джерелом миттєвого руйнування конструкцій став теракт, або влучання снарядів і ракет – без конкретного значення розміру та інтенсивності (кількість ракет або періодичність їх влучань в об'єкт). У цьому випадку найбільш ефективними методами захисту від прогресуючого обвалення буде влаштування зовнішніх захисних конструкцій (типу ковпаків чи навісів), охорона об'єкта та протиракетна оборона.

Але відмовлятися від виконання вимог національних стандартів проектувальник не має права. Тому спробуємо на прикладах існуючих об'єктів розглянути, як автори проводили аналіз певних об'єктів на прогресуюче обвалення.

Як інструменти, за допомогою яких проводили аналіз напружено-деформованого стану конструкцій будівель, використано програмні комплекси SCAD Office и ЛИРА-САПР.

Основні особливості розрахунку конструкцій на прогресуюче обвалення будівельних конструкцій у програмних комплексах та основна ідея полягають в реалізації декількох стадій розрахунку [6–9]. На першому етапі виконується розрахунок за лінійною схемою – це дозволяє отримати розподіл зусиль і деформацій в елементах конструкції. На другому етапі послідовно виключаються з роботи окремі несні елементи (як правило – колони, фрагменти несних стін та ін.) і визначаються найбільш несприятливі варіанти завантаження конструкцій.

У подальшому проводиться розрахунок прийнятої моделі за нелінійною схемою з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності. Під час розрахунку виконується покрокова корекція до стану, коли відбувається руйнування конструкції – або змінюється геометрична схема

конструкції, або відбувається різке зростання деформацій та переміщень.

Під час розрахунку конструкцій на прогресуюче обвалення формується нова розрахункова схема, в якій зруйновані елементи вже відсутні. Замість реакцій у вузлах конструкцій, що вийшли з ладу (тобто ті, що були видалені), в розрахункову схему додаються навантаження із протилежним значенням і, крім того, додатково враховують навантаження від ваги конструкцій, які обвалилися.

Розглянемо конструктивну схему каркаса будівлі в межах деформаційних блоків у вигляді 11 поперечних рам, які мають три прогони. Крок рам складає 12 м. Вузли приєднання ферм до колон – шарнірні, вузли приєднання колон до фундаментів – жорсткі.

Просторова жорсткість будівлі у поздовжньому напрямку забезпечується системою вертикальних в'язей по колонах і по фермах покриття, а також наявністю жорсткого диска покриття (який створено із залізобетонних плит покриття). В поперечному напрямку жорсткість забезпечена роботою поперечних рам каркаса (рами складаються з колон ригелів покриття).

Фундаменти колон – палі залізобетонні. Покриття запроектовано з використанням залізобетонних сегментних ферм за рекомендаціями типової серії 1.463.1-3/87 та мають прогін 24 м. По сегментних фермах покладені збірні залізобетонні плити за типовою серією 1.465.1-3/80, які мають розміри в плані 3×12 м. Колони збірні залізобетонні, за типовою серією 1.424.1-6/89. Стінове огороження – легкобетонні навісні панелі, товщина стінових панелей 250 мм.

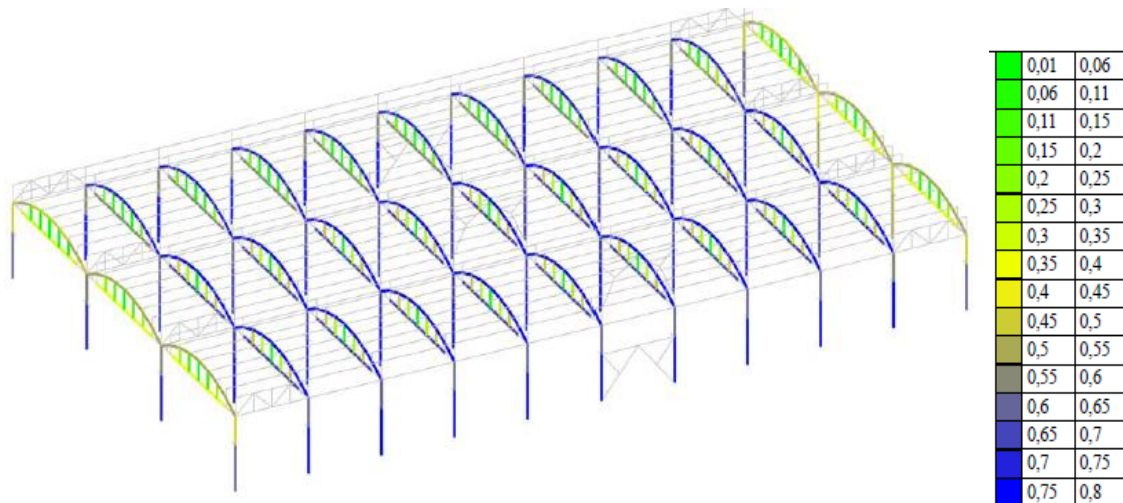


Рис. 1. Схема розподілу коефіцієнтів використання – для елементів ферм і колон каркаса

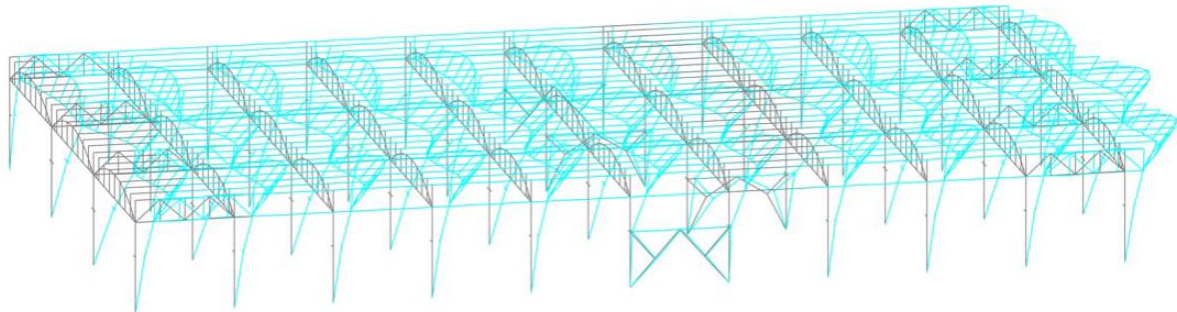


Рис. 2. Схема деформації каркаса будівлі за першою формою вільних коливань (період 3.9 сек)

«Миттєва» відмова колон створює аварійну ситуацію, яка має невелику тривалість. При цьому після руйнування елемента каркаса відбуваються тимчасові процеси, пов'язані з переходом від сталого стану «неушкодженої» системи до нового сталого стану. Цей перехід породжує коливання непошкоджених елементів несних конструкцій і коливання внутрішніх напружень у перерізах цих елементів.

За рекомендацією американських норм «Progressive collapse analysis and design guideline (GSA. 2013)» $t_{omk} < 0,1T$ (де T – період першої форми власних коливань конструкції без елемента, який зруйновано, і за формою коливань, що нагадує статичну деформацію), у прикладі, який розглядається в статті, $t_{omk} = 3.9/10 = 0,39$ сек. Згідно з довідником із розрахунками на динамічні впливи Б. Г. Коренева та І. М. Рабіновича, за аналогією з розрахунком на удар, якщо не можна оцінити час впливу, то можна

приймати в запас міцності та жорсткості конструкції з $t_{omk} = 0.001$.

Крок інтегрування призначаємо з міркувань $(0,01-0,001)T_1$, де T_1 – період основного тону. Якщо про динамічну поведінку конструкції нічого не відомо, крок видачі результатів рекомендується призначити рівномірним приблизно через 50–100 кроків інтегрування у часі.

При складанні основних сполучень навантажень коефіцієнт надійності навантаження для постійних, тривалих і короточасних навантажень приймаємо рівним одиниці, якщо немає якогось епізодичного навантаження. Для аварійних сполучень коефіцієнти сполучення для тривалих навантажень дорівнюють: $\Psi_{11} = 1,0$; $\Psi_{12} = \Psi_{13} = \dots = 0,95$. Для аварійних сполучень коефіцієнти сполучень для всіх короточасних навантажень приймаються рівними $\Psi = 0,8$. В особливих сполученнях навантажень, що включають вибухові впливи, навантаження, що викликаються пожежею, зіткненням транспортних засобів

з частинами споруд, короточасні навантаження допускається не враховувати. Для аварійних сполучень коефіцієнти сполучень для короточасних навантажень $\Psi_t = 0,5$.

Розрахункові характеристики міцності матеріалів приймають рівними їх нормативним значенням.

Коефіцієнт надійності з відповідальності слід приймати рівним $\gamma_n = 1,0$.

Нормативні характеристики опору матеріалів для бетонних та залізобетонних конструкцій слід множити на додатковий коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1,15$, який буде враховувати особливості граничного стану конструкцій після теракту.

Прогини елементів конструктивної системи, що згинаються, для особливого граничного стану, за умови забезпечення

мінімально допустимої довжини зони спирання, у всіх випадках не повинні перевищувати $1/50$ довжини прогону. Коефіцієнт умов роботи особливого граничного стану для пластичних сталей, які мають межу текучості, слід приймати рівним $\gamma_c = 1,1$.

За результатами розрахунків конструкцій на задані аварійні ситуації, які враховують миттєву відмову несної колони крайнього або середнього ряду, стійкість до лавино подібного руйнування не забезпечена. У цьому випадку за межами зони руйнування у найбільш навантажених елементах колон і ферм покриття внутрішні напруження перевищують допустимі значення.

На рисунках 3 і 4, наведено схему розподілу коефіцієнтів використання для несних конструкцій ферм і колон каркаса.

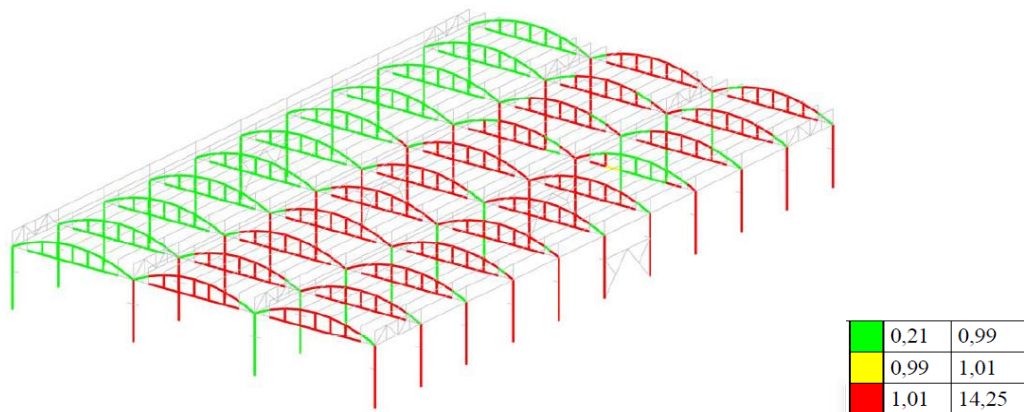


Рис. 3. Схема розподілу коефіцієнтів використання для несних конструкцій ферм і колон каркаса за миттєвого руйнування колони середнього ряду

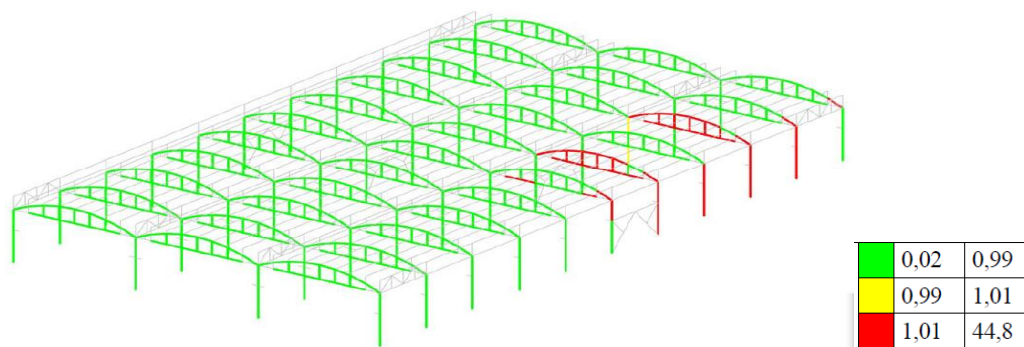


Рис. 4. Схема розподілу коефіцієнтів використання для несних конструкцій ферм і колон каркаса за миттєвого руйнування колони крайнього ряду (червоним кольором позначені елементи, міцність яких перевищена)

Подібний аналіз проведено для будівлі бетонозмішувального цеху, яка була

пошкоджена в 2022 р. внаслідок двох ракетних ударів по будівлі в Дніпропетровській області.

Конструктивна схема основної частини будівлі виконана у вигляді просторового каркаса, що працює за рамно-в'язевою схемою. Каркас складається з поперечних рам, установлених із кроком 12 м і розв'язаних із площини зв'язковими конструкціями. У поперечному напрямку жорсткість каркаса забезпечується роботою поперечних рам. Жорсткість поперечних рам забезпечена жорстким затисканням колон у фундаменти. У поздовжньому напрямку жорсткість каркаса забезпечена роботою сталевих вертикальних в'язей хрестового типу по колонах.

Жорсткість диска покриття забезпечується кріпленням плит покриття до

ферм. Колони виконані збірні залізобетонні в опалубці серії КЄ-01-49. По торцях виконані залізобетонні фахверкові стійки в опалубці серії КЄ-01-55. Сталеві в'язі по колонах хрестового типу виконані за серією КЄ-01-55. По колонах укладені залізобетонні сегментні кроквяні ферми покриття прогоном 18 м в опалубці серії ПК-01-129/68. Заповнення покриття виконане із збірних залізобетонних ребристих плит за серією 1.465-3. Покрівля багатошарова тепла рулонна. Стінова огорожа будівлі виконана з навісних стінових легкобетонних панелей за серіями 1.432-5 та 1.432-3. Товщина стінових панелей складає 200 мм. Підкранові балки виконані сталевими, розрізними і мають прогін 12 м (за серією 1.426.2-3).



Рис. 5. Руйнування конструкцій будівлі (внаслідок ракетного удару)

Розрахунковий аналіз можливого обвалення плит і ферм дозволив зробити висновок, що у даному випадку лавино подібного обвалення конструкцій, розташованих у зоні руйнування, не відбувається. За фактом проведеного обстеження встановлено, що після обвалення ферми в одному прогоні після ракетного удару відбулося обвалення двох кроквяних ферм покриття у двох сусідніх прогонах.

Аналіз отриманих результатів показав, що результати розподілу зусиль і деформацій при динамічному розрахунку в лінійній постанові принципово не відрізняється від результатів розрахунку за квазістатичною схемою.

Але метод квазістатичного розрахунку, за якого динамічний ефект моделюється додатком реакції втраченої в'язі (тобто зруйнованої конструкції) зі зворотним знаком і коефіцієнтом динамічності 2, дає

більші значення зусиль, ніж за результатами динамічного розрахунку

Порівняння результатів розв'язання динамічної задачі в часовій області при завданні різного часу перерозподілу реакції у втраченій в'язі із $t_{отк} = 0.001-0.040$ показало, що зусилля в елементах конструктивної системи міняються незначно.

Порівняння динамічного та квазістатичних методів з урахуванням фізичної нелінійності приводить до зниження динамічних зусиль.

Для того, щоб результати квазістатичного розрахунку збіглися з даними динамічного розрахунку і їх можна було б порівнювати, коефіцієнт динамічності повинен дорівнювати 1,3.

Необхідно звернути увагу на той факт, що різні варіанти моделювання аварійних ситуацій, в яких прогнозуються можливі варіанти руйнування конструкцій, виявились не схожими з фактичними випадками реальних руйнувань.

Спробуємо проаналізувати фактори, які суттєво впливають на результати розрахунку. Часто відсутні: проектна документація у повному обсязі; наявність документації не завжди гарантує відповідність фактичних параметрів матеріалу, перерізів, вузлів і з'єднань проектній документації.

Інформація про інженерно-геологічні параметри ґрунтової основи, технологічні навантаження та інша, як правило, застаріла. В нормах відсутні будь-які вимоги або рекомендації щодо створення розрахункової моделі і кількості розрахункових аналізів, за поодинокими випадками [4; 6]. Наприклад, видаленням яких елементів і в якій кількості – таку задачу має розв'язувати проектувальник самостійно.

Далі виникає питання, пов'язане з моделюванням навантажень – статичний,

динамічний, квазістатичний чи кінематичний метод граничної рівноваги; яке значення динамічного коефіцієнта призначити; чи є потреба включати в просторову схему елементи стінового заповнення і покрівлі, розглядати лінійну чи нелінійну роботу елементів моделі?

Зрозуміло, що з позиції «стандартного інженерного розрахунку» в статичній постанові все, що ми спрощуємо у розрахунковій схемі йде «в запас» – і це добре. Але з курсу «Будівельна механіка» відомо, що кожна додаткова в'язь бере участь у роботі системи і чинить опір навантаженням, тоді як з точки зору динаміки, з позиції резонансних режимів роботи, найбільш важливим є максимально точний перерозподіл мас і жорсткостей конструктивних елементів у просторовій системі.

Таким чином, розбіг у результатах може бути зумовлений тим, що при постановці задачі не визначено основні вимоги до неї, або низька якість моделювання та враховуються не всі ефекти взаємодії конструкції з основами та суміжними підсистемами конструкцій.

Суттєвого якісного перерозподілу зусиль не виявлено також і в квазістатичному та динамічному розрахунках, як у лінійній, так і в нелінійній постановці для каркасних будівель, які розглядалися у наведених прикладах.

Висновки

Для підвищення точності під час моделювання задач при розрахунку на прогресуюче обвалення рекомендується розвивати комплекс діагностики, динамічних випробувань (для уточнення фізичних і динамічних характеристик об'єкта) та моделювання його з урахуванням цих характеристик [10].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Belostotsky A. M., Karpenko N. I., Akimov P. I., Sidorov V. N. Learning from the progressive collapse of buildings. *Developments in the Built Environment*. Vol. 15. October, 2023. P. 100194.
2. Karpenko S. N., Petrov A. N., Kaytukov T. B., Kharitonov V. A. About development of methods of analysis and assessment of vulnerability of spatial plate-shell reinforced concrete structures with allowance for physical nonlinearities, crack formation and induced anisotropy. *International Journal for Computational Civil and Structural*

Engineering. 2018. Vol. 14, № 2. Pp. 30–47. URL: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2018-14-2-30-47>
<https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100194> 71

3. Li S., Shan S., Zhai C., Xie L. Experimental and numerical study on progressive collapse process of RC frames with full-height infill walls. *Engineering Failure Analysis*. 2016. Vol. 59. Pp. 57–68. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.11.020>

4. Барабаш М. Методика моделювання прогресивного обрушення на прикладі реальних висотних будівель. *MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS SCIENCE – FUTURE OF LITHUANIA*. 2014. № 6 (5). С. 520–530.

5. Yu J., Tan K.-H. Experimental and numerical investigation on progressive collapse resistance of reinforced concrete beam column sub-assemblages. *Engineering Structures*. 2013. Vol. 55. Pp. 90–106. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.08.040>

6. Перельмутер А. В., Криксунов Э. З., Мосина Н. В. Реализация расчета монолитных жилых зданий на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение в среде вычислительного комплекса “SCAD Office”. *Инженерно-строительный журнал*. 2009. Т. 4, № 2. С. 13–18.

7. МДС 20-2.2008. Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях. 2008.

8. UFC 4-023-03. Unified Facilities Criteria (UFC). Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. Department of Defense USA, 2005.

9. Городецкий А. С., Батрак Л. Г., Городецкий Д. А., Лазнюк М. В., Юсипенко С. В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. Киев : «ФАКТ», 2004.

10. Давыдов И. И. Особенности расчета и защиты строительных конструкций от прогрессирующего обрушения. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2010. № 11. С. 38–46.

REFERENCES

1. Belostotsky A.M., Karpenko N.I., Akimov P.I. and Sidorov V.N. Learning from the progressive collapse of buildings. *Developments in the Built Environment*. Vol. 15. October, 2023. P. 100194.

2. Karpenko S.N., Petrov A.N., Kaytukov T.B. and Kharitonov V.A. About development of methods of analysis and assessment of vulnerability of spatial plate-shell reinforced concrete structures with allowance for physical non-linearities, crack formation and induced anisotropy. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2018, vol. 14, no. 2, pp. 30–47. URL: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2018-14-2-30-47>
<https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100194> 71

3. Li S., Shan S., Zhai C. and Xie L. Experimental and numerical study on progressive collapse process of RC frames with full-height infill walls. *Engineering Failure Analysis*. 2016, vol. 59, pp. 57–68. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.11.020>

4. Barabash M. *Metodika modelirovaniya progressivuyushchego obrusheniya na primere real'nykh vysotnykh zdaniy* [Methodology for modeling progressive collapse using the example of real high-rise structures]. *MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS SCIENCE – FUTURE OF LITHUANIA*. 2014, vol. 6 (5), pp. 520–530. (in Russian).

5. Yu J. and Tan K.-H. Experimental and numerical investigation on progressive collapse resistance of reinforced concrete beam column sub-assemblages. *Engineering Structures*. 2013, vol. 55, pp. 90–106. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.08.040>

6. Perelmuter A.V., Kryksunov E.Z. and Mosyna N.V. *Realizatsiya rascheta monolitnykh zhilykh zdaniy na progressivuyushcheye (lavinoobraznoye) obrusheniye v srede vychislitel'nogo kompleksa “SCAD Office”* [Realization of calculation of monolithic dwellings subjected to progressive (avalanche-like) collapse in the middle of the computing complex “SCAD Office”]. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal* [Engineering and Construction Journal]. 2009, vol. 4, no. 2, pp. 13–18. (in Russian).

7. *MDS 20-2.2008. Vremennyye rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti bol'sheproletnykh sooruzheniy ot lavinoobraznogo (progressivuyushchego) obrusheniya pri aviarynykh vozdeystviyakh* [MDS 20-2.2008. Temporary recommendations for ensuring the safety of long-span structures from avalanche-like (progressive) collapse during emergency impacts]. 2008. (in Russian).

8. UFC 4-023-03. Unified Facilities Criteria (UFC). Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. Department of Defense USA, 2005.

9. Horodetskyi A.S., Batrak L.G., Horodetskyi D.A., Laznyuk M.V. and Yusyenko S.V. *Raschet i proyektirovaniye konstruktivnykh vysotnykh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona* [Calculation and design of high-rise structures made of monolithic reinforced concrete]. Kyiv: “FACT Publ.”, 2004. (in Russian).

10. Davydov I.I. *Osobennosti rascheta i zashchity stroitel'nykh konstruktivnykh ot progressivuyushchego obrusheniya* [Features of calculation and protection of construction structures from progressive collapse]. *Visnyk Prydniprov's'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2010, no. 11, pp. 38–46. (in Russian).

Надійшла до редакції: 01.04.2024.

УДК 620.9:728

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.130.1033

ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЖК «ПАНОРАМА» У М. ДНІПРО

САВИЦЬКИЙ О. М.¹, канд. техн. наук,
СПИРИДОНЕНКОВ В. А.²,
ЦИГАНКОВА С. Г.^{3*}, канд. техн. наук

¹ Приватне будівельно-монтажне підприємство «Строитель-П», вул. Сімферопольська, 2М, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 710-35-01, e-mail: san.stroitel@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-7032-295X

² ТОВ «Дніпро ЗБК», вул. Повітряна, 5, 49022, Дніпро, Україна, тел. 38 (098) 177-77-97, e-mail: sva.stroitel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3328-8357

^{3*} Відділ міжнародного співробітництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.+38 (056) 756-33-31, e-mail: tsygankova.svetlana@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9837-3109

Анотація. Постановка проблеми. Підвищення енергоефективності являє собою пріоритетний напрям як для держав Європейського союзу, так і для України, яка має чіткий та послідовний напрям розвитку згідно зі стратегіями Європейського зеленого курсу. Оскільки житлові будинки споживають великий відсоток виробленої електроенергії, підвищення енергоефективності будівель сприятиме збереженню енергії, а також енергетичній безпеці та незалежності від імпорту енергії. Значної економії споживання енергії можна досягти шляхом розроблення та впровадження систем управління енергоспоживанням для реалізації енергоефективного управління сучасними будівлями та використання «розумних» технологій в будівлях, що дозволять контролювати та оптимізувати енергоспоживання та сприятимуть раціональному використанню енергії. **Мета статті** – розроблення системи енергоменеджменту житлового комплексу «Панорама» у м. Дніпро. Робота виконана в рамках реалізації міжнародного проекту PRECEPT [1] програми HORIZON 2020. **Висновки.** Запропоновано систему енергоменеджменту житлового комплексу, яка заснована на моніторингу параметрів клімату та якості повітря. Система успішно введена в дію та у режимі реального часу отримує і обробляє зовнішні дані стосовно вартості енергії, метеоумов та інших параметрів, аналізує та накопичує дані, приймає необхідні рішення щодо енергоспоживання і надсилає результати споживачам та менеджерам будівлі з питань економії енергії або підвищення рівня комфорту.

Ключові слова: енергоефективність; система енергоменеджменту; індикатор розумної готовності; розумний проактивний індикатор

INNOVATIVE ENERGY MANAGEMENT SYSTEM OF RESIDENTIAL COMPLEX “PANORAMA” IN DNIPRO CITY

SAVYTSKYI O.M.¹, PhD in Eng.,
SPYRYDONENKOV V.A.²,
TSYHANKOVA S. H.^{3*}, PhD in Eng.

¹ Private Construction and Assembly Enterprise “STROITEL-P”, 2M, Simferopolska St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (097) 710-35-01, e-mail: san.stroitel@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-7032-295X

² Limited Liability Company “Dnipro ZBK”, 5, Povityryana St., Dnipro, 49022, Ukraine, tel. 38 (098) 177-77-97, e-mail: sva.stroitel@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3328-8357

^{3*} Department for International Cooperation, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-31, e-mail: tsygankova.svetlana@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9837-3109

Abstract. Problem statement. Improving energy efficiency is a priority for both the European Union and Ukraine, which has a clear and consistent direction of development in accordance with the strategies of the European Green Deal. Residential buildings consume a large percentage of the electricity produced, and improving the energy efficiency of buildings will contribute to energy conservation, as well as energy security and energy independence from energy imports. Significant savings in energy consumption can be achieved through the development and implementation of energy management systems to implement energy-efficient management of modern buildings and the use of smart technologies in buildings, which will allow to control and optimise energy consumption and promote the rational use of

energy. *The purpose of the article.* To develop an energy management system for the residential complex “Panorama” in Dnipro city. The work was carried out within the framework of the international project PRECEPT [1] under HORIZON 2020 programme. *Conclusions.* An energy management system for a residential complex based on monitoring of climate and air quality parameters is proposed. The system has been successfully put into operation, and in real time receives and processes external data on energy costs, weather conditions and other parameters, analyses and accumulates data, makes the necessary decisions on energy consumption and sends the results to consumers and building managers to save energy or improve comfort.

Keywords: *energy efficiency; energy management system; smart readiness indicator; smart proactive indicator*

Постановка проблеми. Євроінтеграційні амбіції України передбачають чіткий та послідовний напрям розвитку згідно зі стратегіями Європейського зеленого курсу. Як і для Європейського Союзу, найважливішим напрямом стало підвищення енергоефективності, важливе не тільки з точки зору збереження та раціонального використання енергії, а і для безпеки енергопостачання та зниження залежності від імпорту палива.

У 2023 році Європарламент прийняв оновлену директиву з енергоефективності Energy Efficiency Directive (EU) 2023/1791 [2], яка, порівняно із попередніми нормативними документами, передбачає обов'язкове скорочення кінцевого споживання енергії в ЄС на 11,7 % до 2030 року (порівняно з базовим сценарієм 2020 року), збільшення щорічної економії енергії з 0,8 % (зараз) до 1,3 % (2024–2025 рр.), потім до 1,5 % (2026–2027 рр.) і 1,9 % з 2028 року і далі, що у середньому складе 1,49 % нових щорічних заощаджень за період 2024–2030 років.

Крім цього, передбачено щорічне зобов'язання 3 % оновлення існуючих будівель, наявність системи енергоменеджменту або проведення енергоаудиту для будівель різного призначення.

Директива EU 2023/1791 запроваджує також моніторинг енергоефективності центрів обробки даних, з базою даних на рівні ЄС, яка збиратиме та публікуватиме дані, та сприяння поступовому підвищенню ефективного споживання енергії в тепло- та холодопостачанні, в тому числі в централізованому теплопостачанні.

Взятий Україною курс на євроінтеграцію також передбачатиме

підвищення енергоефективності по всьому енергетичному ланцюгу, від виробництва енергії до її передачі, розподілу та кінцевого використання, що зрештою, принесе користь навколишньому середовищу, поліпшить якість повітря і здоров'я населення, скоротить викиди парникових газів, підвищить енергетичну безпеку за рахунок зменшення потреби в імпорті енергоресурсів та знизить витрати на енергію для домогосподарств і компаній.

Як відомо, житлові будинки споживають майже 40 % виробленої електроенергії, що накладає на них своєрідну відповідальність за пов'язані з виробництвом енергії викиди парникових газів. Згідно з Директивою про енергетичну ефективність будівель з 2028 року всі нові будівлі повинні мати нульовий рівень викидів; існуючі будівлі повинні будуть відповідати мінімальним стандартам енергоефективності, щоб досягти кліматичної нейтральності до 2050 року, при цьому житлові будинки повинні досягти мінімального рівня енергетичної ефективності; класу E до 2030 року та класу D до 2033 року (класи рейтингів сертифікатів енергоефективності ЄС (EPC)).

Як сказано вище, підвищення енергоефективності будівель наразі важливіше, ніж будь-коли, оскільки воно дозволяє скоротити викиди, мінімізувати споживання енергії, підвищити енергетичну безпеку та сприятиме незалежності від імпорту енергії та зменшенню енергетичної бідності.

Мета статті. Підвищення енергоефективності будівель передбачає, серед інших заходів, розроблення відповідних систем управління енергоспоживанням для реалізації енергоефективного управління сучасними будівлями та використання «розумних»

технологій в будівлях, тобто інженерних рішень для контролю та оптимізації енергоспоживання та організації раціонального використання енергії, що сприятиме зниженню витрат на генерацію енергії, збільшенню можливостей застосування відновлюваних джерел енергії та мінімізації викидів парникових газів.

З урахуванням вищесказаного, очевидно, що сучасні системи управління енергоспоживанням повинні здійснювати постійний моніторинг і контроль параметрів навколишнього середовища в приміщеннях будівель, обробляти дані у режимі реального часу, накопичувати та передавати інформацію, керувати споживанням енергії для зниження енерговитрат та оптимізації загальної енергетичної системи будівлі.

Безумовною вимогою для будь-якої системи керування енергоспоживанням є насамперед комфорт користувачів. При цьому система енергоменеджменту будівлі за своєю структурою повинна бути безпечною, функціонально гнучкою, передбачати захищеність отриманих даних.

Аналіз останніх досліджень. Велика кількість публікацій присвячена розробленню та впровадженню систем енергетичного менеджменту для будівель різного призначення. Становлять інтерес системи управління стабільністю, регулюванням напруги та якістю електроенергії для електричних мереж з інтегрованими до них відновлюваними джерелами енергії. Хоча відновлювані джерела енергії – це альтернатива для первинної чистої енергії, вони не диспетчеризуються та мають періодичний характер.

У працях [3–5] розглянуто системи енергоменеджменту, засновані на застосуванні локальних мікромереж управління енергією, що надає можливість одночасного заощадження енергії, оптимізації експлуатаційних витрат, максимізації ефективності роботи енергосистеми та підвищення її надійності, що сприяє зменшенню викидів парникових газів. У випадку використання відновлюваних джерел енергії такі системи

дозволяють прогнозувати генерацію енергії та навантаження на енергетичну систему, що важливо для сучасних інтелектуальних систем управління будівлями.

Праця [6] присвячена огляду методів, заснованих на м'яких обчисленнях, особливо нечітких когнітивних картах, які частіше застосовуються в управлінні енергетичними потоками в приватних і громадських будівлях, спрямованому на мінімізацію споживання енергії. Проведено аналіз існуючих методів та запропоновано підхід до вирішення питань, пов'язаних із застосуванням нечітких когнітивних карт для енергоменеджменту та енергоефективності в будівлях.

У публікації [7] розглянуто систему енергетичного менеджменту будівель, з урахуванням енергетичних, екологічних, соціальних та фінансових обмежень, що направлена на підвищення енергоефективності, ефективної вартості енергії та найменшої залежності від викопного палива при скороченні викидів. Крім урахування споживання енергії, під час розроблення системи енергоменеджменту запропоновано метод збору даних про енергетичну активність мешканців будівлі та частоту активного споживання енергії, що надалі могло бути використано для прогнозного аналізу.

Розробку експертних аналітичних інструментів, які будуть включені в комерційні платформи управління енергоспоживанням для випереджального управління енергоспоживанням у будівлях із метою подальшої оптимізації енергозбереження, запропонували автори праць [8–9]. Пропонується створення трьох інструментів на основі нечіткої логіки, включених у платформи SaaS, які використовуються для управління енергоспоживанням, з метою прискорення процесу прийняття рішень, пов'язаних з інтелектуальним виявленням несправностей та діагностикою, а також інтелектуальним прогнозним обслуговуванням основного обладнання будівель.

Експертний аналізатор буде використаний для діагностики звичайного

будівельного обладнання, тобто систем опалення, вентиляції та кондиціонування, з метою постійного моніторингу системи для економії енергії та продовження терміну служби обладнання. Оптимізатор системи опалення, вентиляції та кондиціонування буде заснований на механізмі нечіткого виведення для оптимізації роботи системи з метою підвищення комфорту, зниження витрат на електроенергію і зміщення пікового попиту.

Третій інструмент, так званий експерт із технічного обслуговування, стане економічно ефективним інструментом для прогнозування майбутніх потреб із плином часу. Використання даної системи енергоменеджменту замінить аналіз та інтерпретацію людських даних програмним забезпеченням, та дозволить прогнозування майбутніх потреб в обслуговуванні на основі середньострокових даних про споживання енергії, умов реєстрації, звітів, попереднього аналізу та поліпшення процесу ухвалення рішень, пов'язаних з інтелектуальним виявленням несправностей і діагностики.

Особливе місце мають наукові дослідження [10–13], мета яких – розроблення систем управління енергією, які здатні приймати стратегічні рішення, з урахуванням прогнозування, планування та контролю в режимі реального часу для встановлених ресурсів генерації та попиту, включаючи управління та диспетчеризацію попиту на енергію. Такі системи засновані на так званих проактивних схемах енергоменеджменту та є більш чутливими.

Пристрої зберігання енергії та обмін енергією з електромережею посідають украй важливе місце в таких системах, додаючи більше можливостей управління встановленими джерелами енергії шляхом пристосовування до них різних динамічних властивостей і компенсуючи будь-яку невизначеність попиту чи пропозиції.

Для подальшого поліпшення енергетичного балансу в реальному часі, скорочення інтервалів для загальної оптимізації потрібно, щоб система була в змозі проактивно управляти будь-якими

різними динамічними невизначеностями відновлюваних джерел енергії (таких як сонячне випромінювання, швидкість вітру), профілями попиту, цінами, ефективністю підсистем перетворення енергії тощо.

У праці [13] описано ієрархічну структуру проактивного управління, яка, на думку авторів, найбільш придатна для забезпечення успішного управління енергією. На першому етапі здійснюється прогнозування для визначення структури споживання на деякий наступний період часу, враховуючи короткостроковий прогноз погоди, прогнози поведінки користувачів, зовнішні фактори, історичні дані та рейтинги системи.

На етапі планування розраховується оптимальний план для кожної години, де задані значення регульованих джерел коригуються для задоволення очікуваного попиту відповідно до профілів відновлюваних джерел енергії, вартості та ін.

Наступний етап – регулювання, полягає в тому, щоб активно збалансовувати попит і пропозицію шляхом управління коливаннями споживання енергії через погодні умови, вартість та ін., обираючи навантаження з вільним графіком та/або інтенсивністю таким чином, щоб не впливати на комфорт користувачів. Етап точного регулювання включає будь-яке необхідне щохвилинне балансування на основі вимог системи. Автори стверджують, що застосування таких етапів дозволить досягти найкращого використання ресурсів.

Підхід прескриптивного обслуговування (PsM) для проактивних будівель детально розглянуто у праці [13]. Такий підхід бере до уваги інформацію про потенційні умови або сценарії, наявні ресурси, продуктивність, рекомендує план дій, який оптимізує технічне обслуговування обладнання та може застосовуватись для прийняття рішень на будь-якому часовому горизонті. Технології машинного навчання (ML) та інтернету речей (IoT) дозволяють обробляти величезні обсяги доступних даних, а вже програмні рішення прескриптивного обслуговування

автоматично підлаштовуються під нові або додаткові дані практично миттєво після їх надходження.

В роботі запропоновано концепцію планово-попереджувального технічного обслуговування проактивних будинків, яка складається з трьох основних компонентів: сховища даних IoT, яке збирає всі дані пристроїв IoT в центральній базі даних, системи підтримки прийняття рішень, яка реалізує механізм профілактичного обслуговування, виявлення аномалій, діагностику несправностей і пропонує шляхи їх усунення та системи вилучення знань, яка обробляє інтерфейс користувача та пропонує такі функціональні можливості як моніторинг стану пристрою, опції для технічного обслуговування та його планування.

Ця робота опублікована у рамках проекту PRECEPT програми HORIZON 2020 [1]. Дуже важливим результатом дослідження стала концептуалізація теоретичної бази як інструменту PsM, що дозволяє розвивати та розбудовувати проактивність, експериментувати з реальними даними під час розроблення рішень для створення систем управління для проактивних будівель.

Слід підкреслити, що загальною метою вищезгаданого проекту PRECEPT стало створення базової основи для розгортання та експлуатації проактивних житлових будинків. Запропонована концепція запроваджує систему проактивного енергоменеджменту будівель, яка встановлюється на локальному рівні будівлі.

Передбачається, що запропонована система самоадаптується, самонавчається, управляється, контролюється, відновлюється та оптимізується, перетворюючи традиційні реактивні будівлі на проактивні, підвищуючи їх продуктивність (як енергоефективність, так і добробут мешканців), використовуючи відновлювані джерела енергії, накопичувачі, прогнози та тарифи на енергоносії. PRECEPT також націлений на розроблення цифрового представлення інтелектуальних

проактивних житлових будинків у режимі реального часу.

Результати досліджень. У рамках проекту PRECEPT запропоновано, розроблено та введено в дію систему енергоменеджменту житлового комплексу «Панорама» у м. Дніпро. Цей комплекс (рис. 1) складається з п'яти багатоповерхових будинків бізнес-класу висотою від 19 до 24 поверхів із загальною кількістю 1 008 одно-, дво- та трикімнатних квартир різного внутрішнього планування. Житловий комплекс «Панорама» також включає тривірневий підземний паркінг на 600 паркомісць, торговельні та офісні приміщення, дитячий центр, медичну клініку, SPA-центр, сауну, великий спортивний комплекс із басейном, ресторан та зону відпочинку.



Рис. 1. ЖК «Панорама»



Рис. 2. Принципова схема системи енергоменеджменту

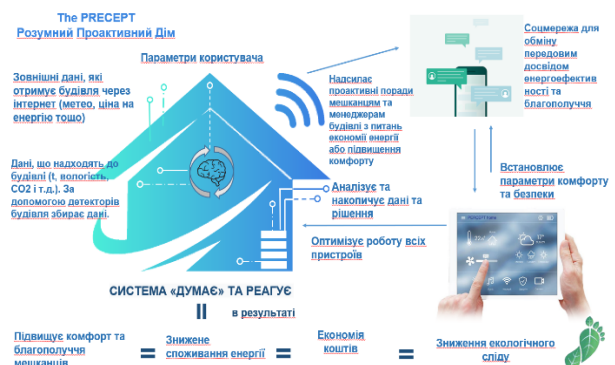


Рис. 3. Архітектура системи енергоменеджменту ЖК «Панорама»

Створена система енергоменеджменту житлового комплексу (рис. 2, 3, табл. 1) заснована на моніторингу параметрів клімату та якості повітря (температура, вологість, вміст CO₂) за допомогою автономних радіомодулів 7Bit Airpoint – модулів бездротового збору телеметрії, які передають дані по радіоканалу, із застосуванням технології LoRa.

Таблиця 1

Загальні характеристики основного обладнання

7Bit Airpoint	
Тип живлення	3 × елементи типу AAA та/або Micro USB (+5V)
Передавання даних	Радіоканал 868 MHz, 25 mw, LoRa, вбудована антена
Температура	Вбудований датчик, -25 +55 °C, точність 0,5 °C
Виносний датчик	DS18B20, Audio jack, -40 +125 °C, точність 0,5 °C
Вбудований датчик вологості	0–100 %, за вологості 20–80 % точність 3 %, у решті діапазону 5 %
Датчик CO ₂	400–8 000 ppm
Напрацювання до заміни батарей	До 60 000 пакетів
Періодичність надсилання пакетів	За замовчуванням: раз на 5 хвилин
Дальність зв'язку	На відкритій місцевості до 5 км ²
Виконання	Indoor, ступінь захисту IP 40
7Bit Airgate	
Тип живлення	PoE, Micro USB (+5V), 12–48 VDC
Тип підключення до мережі	Ethernet, Wi-Fi b/g/n, вбудована антена
Протокол	MQTT
Конфігурування	Web-інтерфейс
Кількість радіомодулів	до 255
Виконання	Indoor, ступінь захисту: IP 40, виносна антена 2dBi, SMA, 868 MHz

Загалом система складається з одного або декількох бездротових, автономних радіомодулів 7Bit Airpoint та шлюзу даних 7Bit Airgate, що приймає повідомлення по радіоканалу та передає їх у будь-яку систему верхнього рівня, наприклад, WebHMI, інша SCADA або хмарні IoT платформи, такі як: Amazon AWS, Microsoft Azure та ін., по локальній мережі або через

інтернет, з використанням протоколу MQTT.

Основна особливість такої концепції – тривала автономна робота модулів телеметрії (понад один рік, або близько 50 000 пакетів, від одного комплекту батарей), з можливістю передачі даних на відстань до кількох кілометрів на відкритій місцевості та до 1 000 метрів в умовах міської забудови.

Оснащення такими датчиками в будь-яких приміщеннях дає змогу отримати об'єктивну інформацію про роботу систем опалення, вентиляції та кондиціонування, правильно збалансувати їх роботу і, як наслідок, знизити експлуатаційні витрати, при цьому підвищивши рівень комфорту. Стандартними засобами промислової автоматики таке завдання, як правило, не виконується, через розміри цих об'єктів, відсутність необхідних комунікацій, небажання псувати оздоблення приміщень тощо.

У випадку з радіомодулями, розгортання такої системи займе всього кілька годин, при цьому датчики можна розташувати саме там, де потрібно, не порушуючи при цьому дизайнерські та інтер'єрні особливості приміщення. Застосування автономних радіомодулів дає змогу швидко та без зайвих витрат автоматизувати збір даних із приладів обліку, контролювати інженерні мережі: температуру подачі теплоносія, затоплення, роботу насосів, зникнення фаз тощо, контролювати доступ на горища і в підвали, мати віддалений доступ до цієї інформації, у т. ч. через різні хмарні сервіси, що корисно та зручно для своєчасної обробки даних системою управління і також може бути організоване в режимі реального часу.





У поєднанні з можливостями інтеграційного контролера WebHMI керувати всіма інженерними системами: насосами та клапанами водопостачання, котельнею, системою опалення, вентиляції, та кондиціонування, аварійними генераторами тощо, можна отримати комплексне рішення з автоматизації об'єкта.

Кількість квартир, які беруть участь у проєкті, – 10 (Корпус № 2: три квартири; Корпус № 4: чотири квартири; Корпус № 5: три квартири). Характеристика квартир та дані про їх PRECEPT модернізацію наведені





в таблиці 2; на рисунку 4 показано 3D-візуалізацію приміщень квартири після PRECEPT модернізації. Деякі результати поточного моніторингу квартири-учасниці проєкту приведені на рисунках 5–9.

Таблиця 2



Опис українського пілотного проєкту

	Короткий опис	Площа, м ²	(Розумні) пристрої та обладнання до проєкту PRECEPT	PRECEPT модернізація
1	2	3	4	5
Корпус № 2				
1	<p>Квартира розташована на 17 поверсі корпусу № 2 та складається з передпокою, кухні, вітальні, трьох спальень, ванної кімнати та підсобного приміщення. Кухня і вітальня прохідні.</p> 	126	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тепловий насос для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Три мультисенсори в спальнях (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор у кухні-вітальні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)
2	<p>Квартира розташована на третьому поверсі і складається з передпокою, кухні, вітальні, однієї спальні, ванної кімнати та підсобного приміщення.</p> 	70.6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Один мультисенсор у спальні (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор у вітальні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (плита, холодильник, бойлер)
3	<p>Квартира розташована на п'ятому поверсі і складається з передпокою, кухні, вітальні, однієї спальні, ванної кімнати та підсобного приміщення.</p> 	70,6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Один мультисенсор у спальні (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор у вітальні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (плита, холодильник, бойлер)
Корпус № 4				
4	<p>Трирівнева квартира, розташована на 22–24-му поверхах, включає передпокій, вітальню, кухню, ванну кімнату, дві спальні та підсобне приміщення. Вітальня є прохідною кімнатою.</p> 	84,6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Два мультисенсори у спальнях (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор в кухні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
5	<p>Квартира розташована на п'ятому поверсі і складається з передпокою, кухні, вітальні, двох спальень, ванної кімнати та підсобного приміщення.</p> 	71,8	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Два мультисенсори в спальнях (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор у кухні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)
6	<p>Квартира на п'ятому поверсі складається з передпокою, кухні, вітальні, двох спальень, двох ванних кімнат і підсобної кімнати. Кухня та вітальня – прохідні.</p> 	120,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Два мультисенсори в спальнях (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор у кухні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)
7	<p>Квартира розташована на двадцятому поверсі і складається з передпокою, кухні, вітальні, двох спальень, ванної кімнати, гардеробної кімнати та підсобного приміщення. Кухня і вітальня прохідні.</p> 	120,6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Два мультисенсори в спальнях (температура t°, вологість) 5. Один мульти-сенсор у кухні-вітальні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)
Корпус № 5				
8	<p>Квартира розташована на п'ятнадцятому поверсі і складається з передпокою, кухні, вітальні, однієї спальні, ванної кімнати, гардеробної / підсобного приміщення. Кухня і вітальня – прохідні.</p> 	63,4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Один мультисенсор у спальні (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор у кухні-вітальні (температура t°, вологість, CO₂) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5
9	<p>Квартира знаходиться на чотирнадцятому поверсі і складається з передпокою, кухні, вітальні, двох спальень, двох ванних кімнат і підсобної кімнати. Кухня та вітальня – прохідні.</p> 	119,9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Два мультисенсори в спальнях (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор у кухні-вітальні (температура t°, вологість, CO_2) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)
10	<p>Квартира розташована на дванадцятому поверсі і складається з передпокою, кухні, вітальні та вітальні, трьох спальень, двох ванних кімнат і гардеробної кімнати. Кухня, вітальня і лаунж є прохідними приміщеннями.</p> 	120,6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Централізований котел для опалення 2. Індивідуальний бойлер для гарячої води 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проактивний пристрій з підтримкою периферії 2. Розумний лічильник споживання енергії 3. Розумний лічильник споживання тепла 4. Три мультисенсори в спальнях (температура t°, вологість) 5. Один мультисенсор на кухні-вітальні-лаунжі (температура t°, вологість, CO_2) 6. Три розумні розетки (холодильник, бойлер, плита)

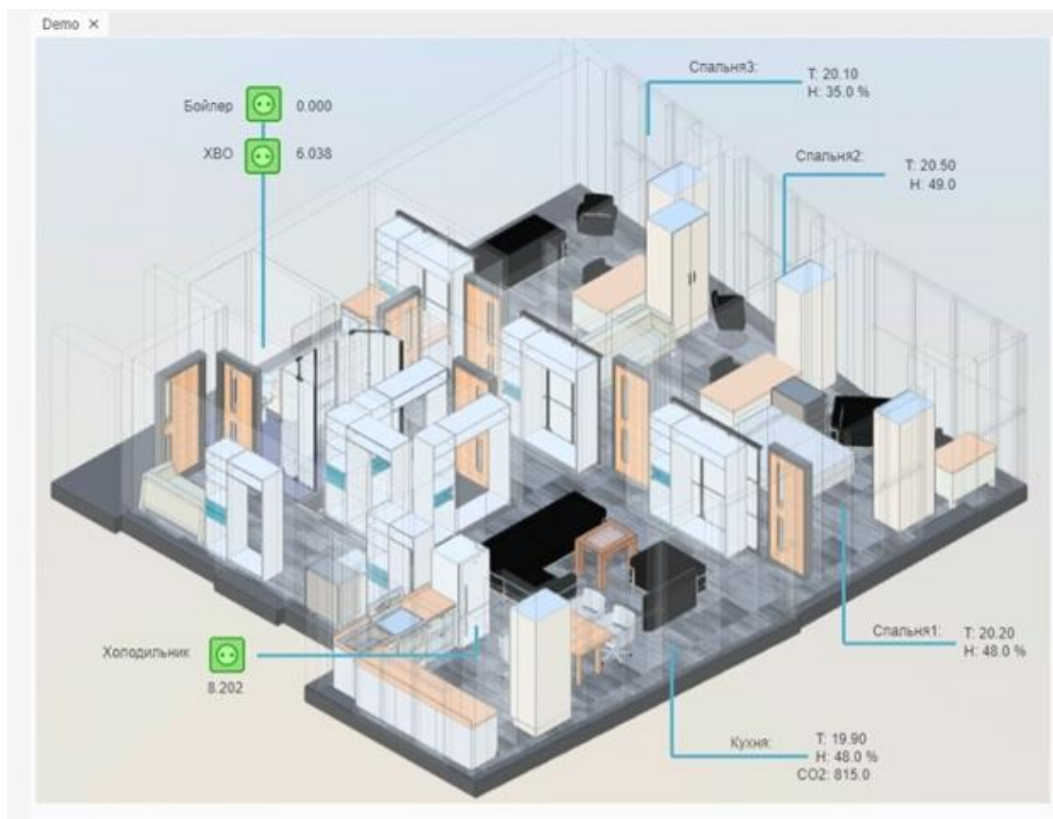


Рис. 4. 3D-візуалізація приміщень квартири після PRECEPT модернізації

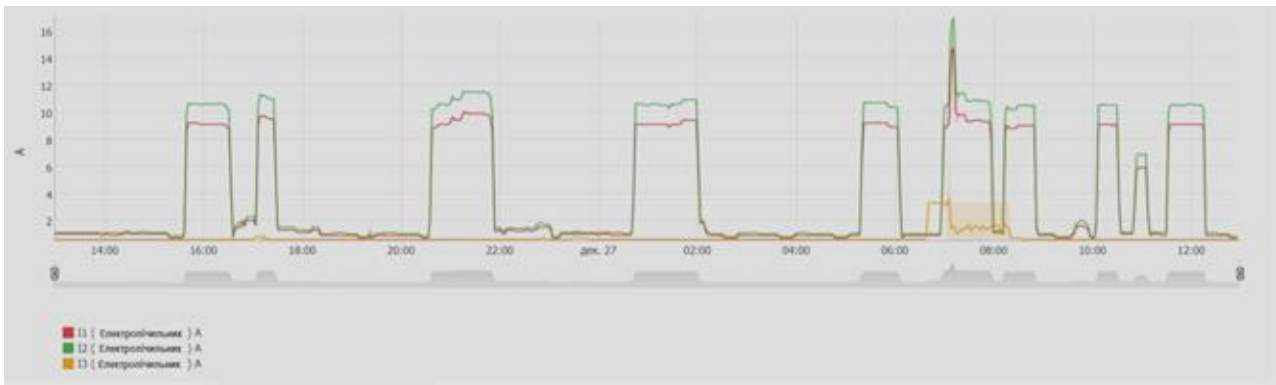


Рис. 5. Зміна потужності електричного струму споживання квартири-учасниці проекту



Рис. 6. Температура повітря в приміщеннях квартири-учасниці проекту

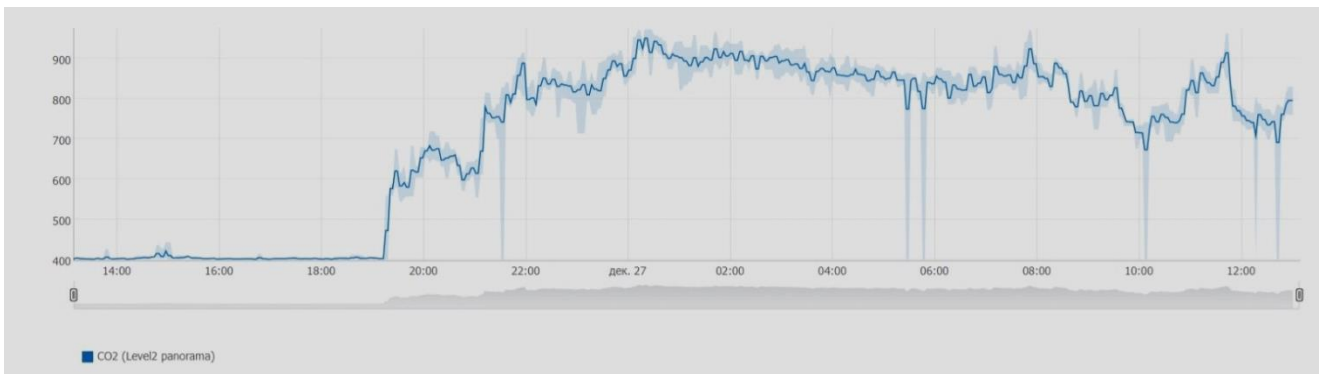


Рис. 7. Концентрація CO₂ в приміщенні квартири – участниці проекту



Рис. 8. Вологість у приміщенні квартири – участниці проекту

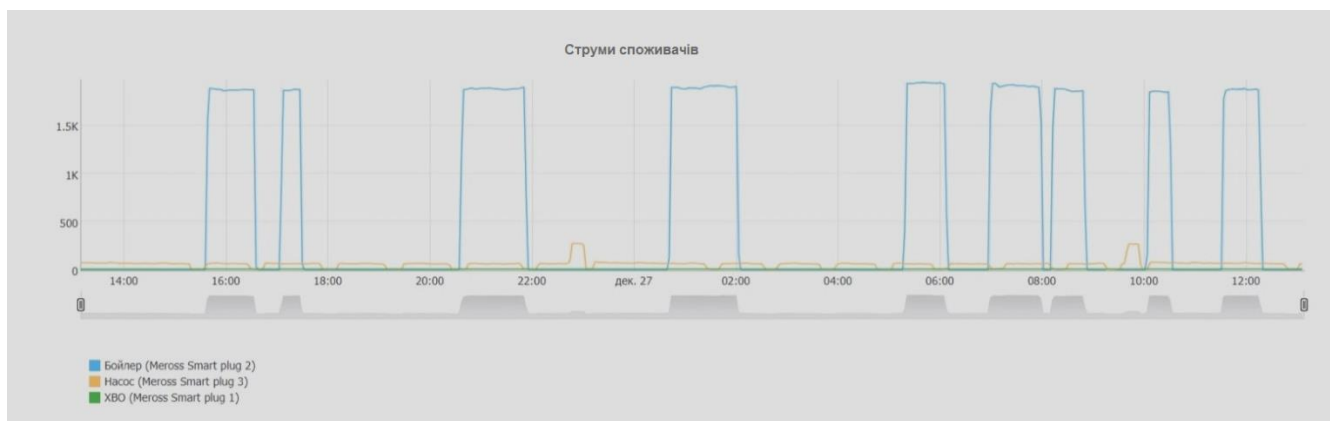


Рис. 9. Зміна потужності електричного струму споживання зі смарт-розеток квартири – учасниці проєкту

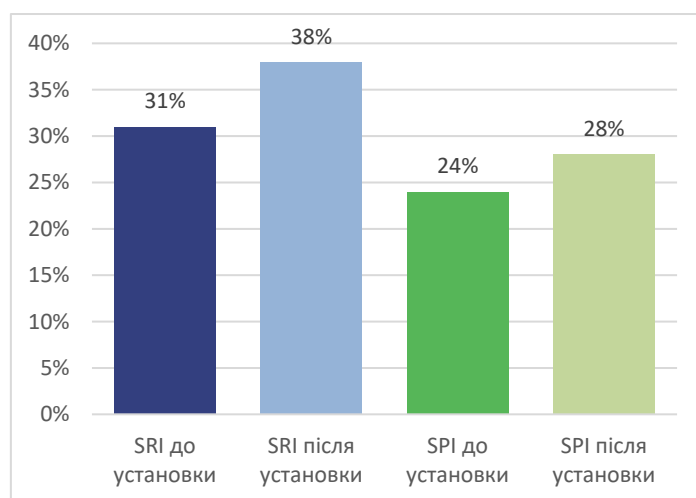


Рис. 10. Порівняння між SRI та SPI для Українського пілотного проєкту

Слід зазначити, що до встановлення рішень PRECEPT-модернізації індикатор розумної готовності SRI українського пілотного проєкту становив 31 %, а розумний проактивний індикатор SPI – 24 % (рис. 10). Після поліпшень SRI зріс до 38 %, а SPI до 28 %. Можна помітити, що оновлення в рамках проєкту PRECEPT позитивно впливають на показники розумної готовності та розумної проактивності.

Висновки

Запропонована система енергоменеджменту отримує та обробляє зовнішні дані стосовно вартості енергії,

метеумов та інших параметрів, аналізує та накопичує дані, приймає необхідні рішення щодо енергоспоживання та надсилає результати споживачам та менеджерам будівлі з питань економії енергії або підвищення рівня комфорту.

Система «думає» та «реагує», встановлює параметри безпеки та комфорту, оптимізує роботу всіх пристроїв. Результатом використання такої системи стає не тільки підвищення комфорту мешканців, зниження споживання енергії та економія коштів, а й зменшення екологічного сліду, що, безумовно, дуже важливо для благополуччя у всьому світі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. PRECEPT. Less Energy > Smarter Buildings. URL: <https://www.precept-project.eu/>

2. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/1791>
3. Molina M. G. Energy Storage and Power Electronics Technologies : A Strong Combination to Empower the Transformation to the Smart Grid. *Proceedings of the IEEE*. 2017. Vol. 105, № 11. Pp. 2191–2219. URL: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2017.2702627>
4. Nair U. R., Costa-Castelló R. A. Model Predictive Control-Based Energy Management Scheme for Hybrid Storage System in Islanded Microgrids. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. Pp. 97809–97822. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2996434>
5. Ahmad S., Shafiullah M., Ahmed C. B., Alowaiifeer M. A Review of Microgrid Energy Management and Control Strategies. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. Pp. 21729–21757. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3248511>.
6. Papageorgiou E., Groumpos P. An overview of energy management using fuzzy cognitive maps. *Journal Smart Environments and Green Computing*. 2023. № 3. Pp. 18–36. URL: <https://doi.org/10.20517/jsegc.2022.21>
7. Kolokotsa D., Diakaki C., Grigoroudis E., Stavrakakis G., Kalaitzakis K. Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in buildings. *Advances in Building Energy Research*. 2009. Vol. 3. Pp. 121–146. URL: <https://doi.org/10.3763/aber.2009.0305>
8. Mpelogianni V., Groumpos P. Using Fuzzy Control Methods for Increasing the Energy Efficiency of Buildings. *International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research*. 2015. Vol. 3, iss. 4. Pp. 1–22. URL: <https://doi.org/10.4018/IJMSTR.2015100101>
9. Mpelogianni V., Giannousakis K., Kontouras E., Groumpos P., Tsiplanitis D. Proactive Building Energy Management Methods based on Fuzzy Logic and Expert Intelligence. *IFAC–PapersOnLine*. 2019. Vol. 52, iss. 25. Pp. 519–522. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.597>.
10. Todorović M. S., Ećim Djurić O., Matinović I., Ličina D. Renewable energy sources and energy efficiency for building's greening: From traditional village houses via high-rise residential building's BPS and RES powered co- and tri-generation towards net ZEBuildings and Cities. *IEEE 3rd International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources*. 2011. Pp. 29–37. URL: <https://doi.org/10.1109/EXPRES.2011.5741812>
11. Gupta A., Saini R. P., Sharma M. P. Modelling of hybrid energy system. Part I : Problem formulation and model development. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36, iss. 2. Pp. 459–465. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.06.035>
12. Brooks A., Lu E., Reicher D., Spirakis C., Wehl. B. Demand dispatch: using real-time control of demand to help balance generation and load. *IEEE Power and Energy Magazine*. 2010. Vol. 8, iss. 3. Pp. 20–29. URL: <https://doi.org/10.1109/MPE.2010.936349>
13. Prodanovic M., Molina M. B. T., Gallo A., Gonzalez-Aguilar J. Proactive management for smart buildings resource management strategy. *SMARTGREENS 2013 : Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Grids and Green IT Systems*. 2013. Pp. 165–170.
14. Koukaras P., Dimara A., Herrera S., Zangrando N., Krinidis S., Ioannidis D., Fraternali P., Tjortjis C., Anagnostopoulos C.-N., Tzovaras D. Proactive buildings : A prescriptive maintenance approach IFIP. *Advances in Information and Communication Technology Artificial Intelligence Applications and Innovations. AIAI 2022. IFIP WG 12.5 International Workshops. Springer International Publishing*. 2022. Pp. 289–300. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-08341-9_24

Надійшла до редакції: 11.02.2024.

УДК 628.9:614.8+004.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.142.1034

ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРАХУНКУ ТА ОЦІНКИ СТАНУ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

СОКОЛАН Ю. С.^{1,2*}, канд. техн. наук, доц.,
БАГРІЙ О. В.³, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра технології машинобудування, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29000, Хмельницький, Україна, тел. +38 (0382) 670-276, e-mail: sokolan.julia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0273-5719

^{2*} Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29000, Хмельницький, Україна, тел. +38 (0382) 670-276, e-mail: sokolan.julia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0273-5719

³ Кафедра архітектури та містобудування, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29000, Хмельницький, Україна, тел. +38 (0382) 670-276, e-mail: avadaro@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-2267-7162

Анотація. Постановка проблеми. У XXI сторіччі спостерігається загальносвітова тенденція до розроблення спеціалізованого програмного забезпечення, яке б вирішувало низку конкретних питань в межах окремих предметних галузей. Актуальності набуває задача розширення функціональних можливостей розробленого програмного забезпечення для розрахунку бокового освітлення функціоналом, який би дозволив проводити розрахунок верхнього природного освітлення. **Мета статті** – вдосконалення автоматизованого підходу до розрахунку регламентованої площі світлових прорізів у будівлях та спорудах, а також оцінення наявного природного освітлення шляхом наповнення розробленого програмного забезпечення оцінення бокового природного освітлення функціоналом для оцінення верхнього природного освітлення. **Висновки.** Розроблений програмний продукт для розрахунку бокового одностороннього природного освітлення доповнено функціоналом, призначеним для розрахунку двостороннього бокового освітлення та верхнього природного освітлення. В ньому реалізовано захист від уведення помилкових даних, а також частково реалізовано автоматизований документообіг, який полягає у можливості ведення журналу із розрахунками. Використання такого спеціалізованого програмного забезпечення – один із методів автоматизації розрахунків під час ескізного проектування природного освітлення приміщень, а також для оцінення наявного природного освітлення та його відповідності вимогам, які регламентовані ДБН В.2.5:28-2018 Природне і штучне освітлення. Запропонований підхід до розрахунку природного освітлення дозволить мінімізувати можливість виникнення помилок, збільшить точність проведених розрахунків, пришвидшить процес обрахунку площі світлових прорізів, а також дозволяє проводити розрахунок площі світлових прорізів без знання методики. Практичне застосування такий метод має в будівельній галузі для проектування систем освітлення, а також у сфері охорони праці для оцінення відповідності наявного освітлення регламентованим вимогам.

Ключові слова: виробниче освітлення приміщень; верхнє природне освітлення; бокове природне освітлення; програмне забезпечення; автоматизація розрахунків

IMPROVING THE AUTOMATED APPROACH TO CALCULATING AND ASSESSING THE STATE OF NATURAL ILLUMINATION

SOKOLAN Yu.S.^{1,2*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
BAHRII O.V.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

^{1*} Department of Mechanical Engineering Technology, Khmelnytskyi National University, 11, Intyutaska St., Khmelnytskyi, 29000, Ukraine, tel. +38 (0382) 670-276, e-mail: sokolan.julia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0273-5719

^{2*} Department of Construction and Occupational Safety, Khmelnytskyi National University, 11, Intyutaska St., Khmelnytskyi, 29000, Ukraine, tel. +38 (0382) 670-276, e-mail: sokolan.julia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0273-5719

³ Department of Architecture and Urban Development, Khmelnytskyi National University, 11, Intyutaska St., Khmelnytskyi, 29000, Ukraine, tel. +38 (0382) 670-276, e-mail: avadaro@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-2267-7162

Abstract. Problem statement. In the XXI century, there is a global trend towards the development of specialised software that would solve a number of specific problems within certain subject areas. The task of extending the functionality of the developed software for calculating side illumination with functionality that would allow the calculation of overhead natural illumination is becoming increasingly important. **The purpose of the article** is to improve the automated approach to calculating the regulated area of light openings in buildings and structures, as well as assessing the available natural illumination by filling the developed software for assessing side natural illumination

with functionality for assessing overhead natural illumination. **Conclusions.** The developed software product for the calculation of one-sided side natural illumination was supplemented with functionality designed to calculate two-sided side lighting and overhead natural illumination. It provides protection against entering erroneous data, and partially implements automated document flow, which includes the ability to keep a log of calculations. The use of such specialized software is one of the methods of automating calculations in the preliminary design of natural illumination of premises, as well as in assessing the existing natural illumination and its compliance with the requirements regulated by DBN B.2.5:28-2018 Natural and artificial illumination. The proposed method for calculating natural illumination will minimize the possibility of errors, increase the accuracy of the calculations, speed up the process of calculating the area of illumination openings, and allow the calculation of the area of illumination openings without knowledge of the methodology. This method is of practical use in the construction industry when designing illumination systems, as well as in the field of occupational health and safety to assess the compliance of existing illumination with the regulated requirements.

Keywords: *industrial illumination of premises; overhead natural illumination; side natural illumination; software; automation of calculations*

Постановка проблеми. Природне світло відіграє роль інструменту, який використовується для формування інтер'єру в межах будівель та споруд. Завдяки природному освітленню поліпшується сприйняття навколишнього простору, атмосфери та архітектури.

Належний стан природного освітлення відіграє важливу роль з точки зору сфери охорони праці для попередження виробничого травматизму у приміщеннях. Недостатнє освітлення може спричинити збільшення кількості нещасних випадків. Крім того, до властивостей сонячного випромінювання належить також знезараження та зігрівання повітря. До того ж, природне освітлення позитивно впливає на психіку.

У світловому дизайні окремим напрямком відмічають архітектурний дизайн освітлення. Для кожного з архітектурних стилів застосовується низка прийомів, які підкреслюють його виразні сторони. Бажаного ефекту можна досягнути шляхом послаблення чи підсилення світлового впливу.

Розроблення концепції освітлення будівель та споруд орієнтоване на сприйняття людьми дизайну без втрат в ефективному візуальному комфорті. В будь-якому випадку, запроєктоване природне освітлення у приміщенні повинне відповідати чинним нормам, які регламентуються ДБН В.2.5:28-2018 Природне та штучне освітлення [1].

У ХХІ сторіччі спостерігається загальносвітова тенденція до розроблення

спеціалізованого програмного забезпечення, яке б вирішувало низку конкретних питань у межах окремих предметних галузей.

Актуальності набуває задача розширення функціональних можливостей розробленого програмного забезпечення для розрахунку бокового освітлення функціоналом, який би дозволив проводити розрахунок верхнього природного освітлення.

Аналіз публікацій. У 2019 році набув чинності ДБН В.2.5:28-2018 *Природне і штучне освітлення* [1], який прийшов на зміну ДБН В.2.5-28-2006 *Природне і штучне освітлення* [4]. Цей документ регламентує методику розрахунку стану природного освітлення для проектування будівель та споруд, нових або тих, що підлягають реконструкції

Основні зміни у методиці розрахунку бокового та верхнього природного освітлення за державними будівельними нормами проаналізовані та виокремлені у статті [5].

Аналізуючи наявне програмне забезпечення для оцінення природного освітлення приміщень [6–8], зарубіжні науковці виокремили актуальність таких підходів для симуляції освітлення в приміщеннях та під час архітектурного проектування будівель.

У праці [2] розглядалось питання недостатнього рівня забезпеченості спеціалізованим програмним забезпеченням у сфері охорони праці, а у статті [3] – створене спеціалізоване програмне забезпечення для розрахунку бокового

природного освітлення у відповідності з ДБН.

З аналізу випливає, що в Україні відсутній метод автоматизованої оцінки стану природного освітлення приміщень за допомогою відповідного програмного забезпечення, що підкреслює актуальність роботи.

Мета статті – вдосконалення автоматизованого підходу до розрахунку регламентованої площі світлових прорізів у будівлях та спорудах, а також оцінки наявного природного освітлення шляхом наповнення розробленого програмного забезпечення оцінки бокового природного освітлення функціоналом для оцінки верхнього природного освітлення.

Результати досліджень. Відповідно до ДБН В.2.5:28-2018 *Природне і штучне освітлення* [1] для проектування системи природного освітлення на стадії ескізного проектування площа світлових прорізів розраховується за формулою:

$$S_{\text{л}} = \frac{D_{\text{н}}}{100m} \cdot \frac{K_3 \eta_{\text{л}}}{\tau_0 r_2 K_{\text{л}}} \cdot S_{\text{п}}, \quad (1)$$

де $D_{\text{н}}$ – нормований коефіцієнт природного освітлення, %; K_3 – коефіцієнт запасу; $\eta_{\text{л}}$ – коефіцієнт, який враховує світлову активність вікон; $S_{\text{п}}$ – площа приміщення, м²; $K_{\text{л}}$ – коефіцієнт, який враховує тип ліхтаря; m – коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу; τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання матеріалу; r_2 – коефіцієнт, який враховує підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення [1]. У свою чергу, загальний коефіцієнт світлопропускання, який позначається τ_0 , обчислюється за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (2)$$

де τ_5 – коефіцієнт, в якому враховуються втрати світла у захисній сітці; τ_4 – коефіцієнт, в якому враховуються втрати світла за наявності сонцезахисних пристроїв; τ_3 – коефіцієнт, у якому враховуються втрати світла в наявних несних конструкціях; τ_2 – коефіцієнт, в якому враховуються втрати світла в рамках

світлових прорізів; τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу.

Основна відмінність у розрахунку верхнього освітлення від розрахунку бокового освітлення приміщення полягає у відмінних коефіцієнтах r_2 , $K_{\text{л}}$, $\eta_{\text{л}}$ і τ_3 , який є одним із множників загального коефіцієнта світлопропускання. Тому у розроблене програмне забезпечення для розрахунку бокового природного освітлення, який описаний у [3], був доданий функціонал для визначення наведених коефіцієнтів.

Вибір системи освітлення, для якої буде проводитись автоматизований розрахунок необхідної площі світлових прорізів, здійснюється в лівій нижній частині головного вікна програми (рис. 1).

Інтерфейс головного вікна програми для розрахунку природного освітлення змінено таким чином, щоб була можливість вносити дані, необхідні для визначення коефіцієнтів, наведених у формулі 1. Тобто було додано такі поля для вводу відповідних даних:

- ширина прогону;
- кількість прогонів;
- вибір типу ліхтаря із випадаючого списку.

Нормований коефіцієнт природного освітлення для верхнього освітлення вибирається із бази програми таким же чином, як і для природного освітлення [3]. За це відповідає кнопка «Розрахувати $D_{\text{н}}$ », після чого запускається відповідний модуль і необхідно обрати коефіцієнт, залежно від призначення будівлі та приміщення, для якого проводиться розрахунок освітлення. Тобто на цьому етапі реалізовано таблиці 5.1 та 5.2 і додатки Д, Ж із ДБН В.2.5:28-2018 [1].

Вибір нижчеперерахованих коефіцієнтів також проводиться аналогічно до вибору цих коефіцієнтів у випадку бокового природного освітлення у відповідних модулях, які описані у [3]. Цими коефіцієнтами є:

- коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу (m);
- коефіцієнт запасу (K_3);
- коефіцієнти $\tau_1, \tau_2, \tau_4, \tau_5$.

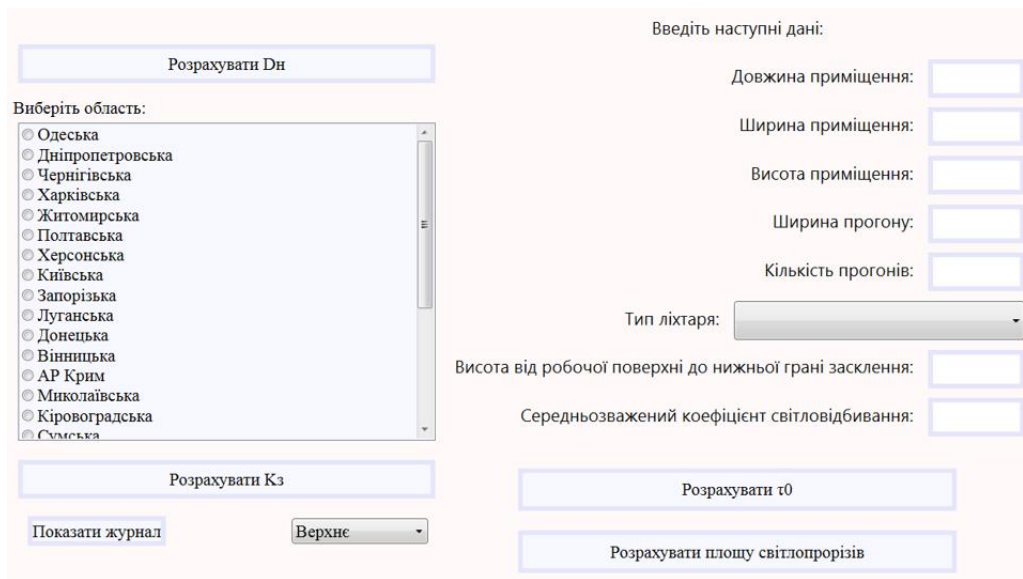


Рис. 1. Інтерфейс модифікованого головного вікна програми розрахунку природного освітлення

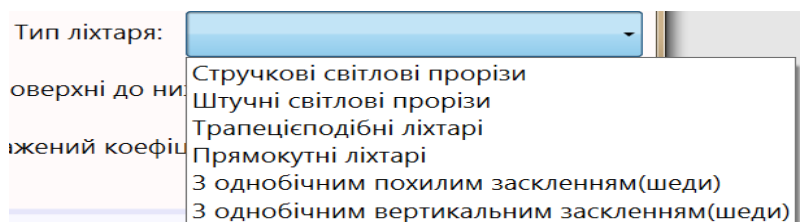


Рис. 2. Вибір типу ліхтаря

Для визначення коефіцієнта, який враховує тип ліхтаря (K_L) необхідно на головному вікні програми обрати із відповідного випадаючого списку тип ліхтаря (рис. 2). За замовченням у програму введені типи ліхтарів, які регламентовані ДБН В.2.5:28-2018 [1].

Після того як обрано тип ліхтаря у наведеному списку, програма автоматично

зчитує основні дані з відповідних полів, які необхідні для проведення розрахунків. До цих даних належать висота приміщення, довжина приміщення, ширина прогону та кількість зазначених прогонів. На цьому етапі реалізовано автоматичний розрахунок параметрів ліхтаря відповідно до таблиці М.3 у [1].

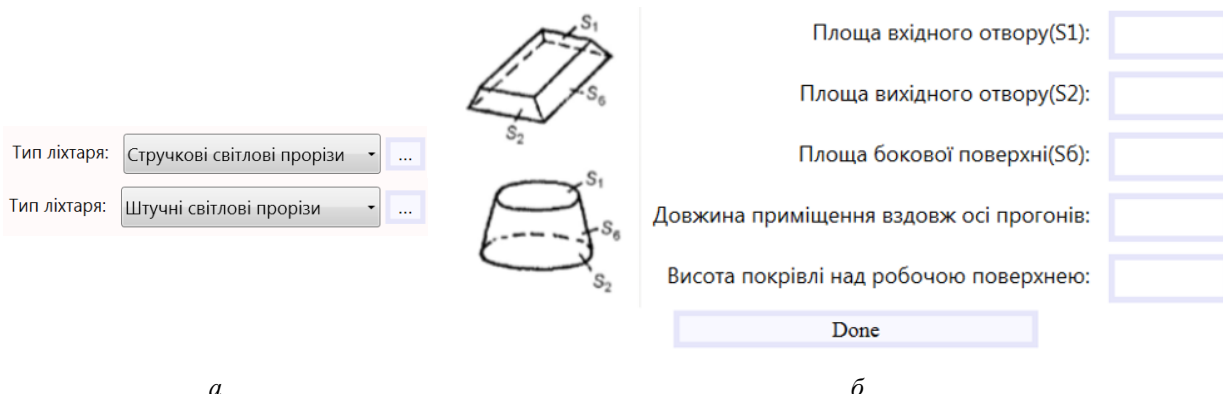


Рис. 3. Від параметрів ліхтарів

У випадку, якщо проводиться розрахунок верхнього природного освітлення для штучних або стручкових

світлових прорізів, у програмі автоматично змінюється інтерфейс випадаючого списку (рис. 3, а). З правого боку від списку після

вибору зазначених типів ліхтарів з'являється кнопка із написом «...». Натисканням на цю кнопку відкривається допоміжне вікно (рис. 3, б), в якому необхідно ввести параметри ліхтарів. Тобто на цьому етапі реалізовано вибір коефіцієнта, який враховує світлову активність вікон відповідно до таблиці М.4 у [1].

Для вибору коефіцієнта світлової активності, який позначений η_l у формулі 1, програма зчитує дані, введені у відповідні поля (рис. 1), а саме:

- тип ліхтарів;
- кількість прогонів;
- ширину прогону;
- висоту приміщення;
- довжину приміщення.

Всі перераховані дані, необхідні для визначення зазначеного коефіцієнта, автоматично обраховуються в програмі без участі користувача. Наприклад, за ДБН В.2.5:28-2018 *Природне і штучне освітлення* [1], цей коефіцієнт визначається із таблиці М.3 на основі кількості прогонів, типу ліхтарів, відношення довжини прогону

до його ширини та відношення висоти приміщення до ширини прогону. Обрахунки зазначених відношень проводяться автоматично без участі користувача.

Визначення коефіцієнта, який враховує підвищення КПО (D_n) за рахунок світла, який відбивається від внутрішніх поверхонь приміщення (позначається r_2), також виконується у програмі автоматично на основі даних, які зазначені у таблиці М.8 у [1]. Ці дані зчитуються із введених у програму значень у відповідні поля (кількість прогонів, середнє значення коефіцієнта світловідбивання), а відношення висоти приміщення від робочої поверхні до грані засклення до ширини прогону розраховується автоматично.

У випадку розрахунку загального коефіцієнта світлопропускання, вибір складових формули 2 відбувається таким же чином, як це описано у праці [3]. Єдина відмінність стосується коефіцієнта τ_3 . За регламентованою методикою [1] цей коефіцієнт залежить від несних конструкцій покриття.

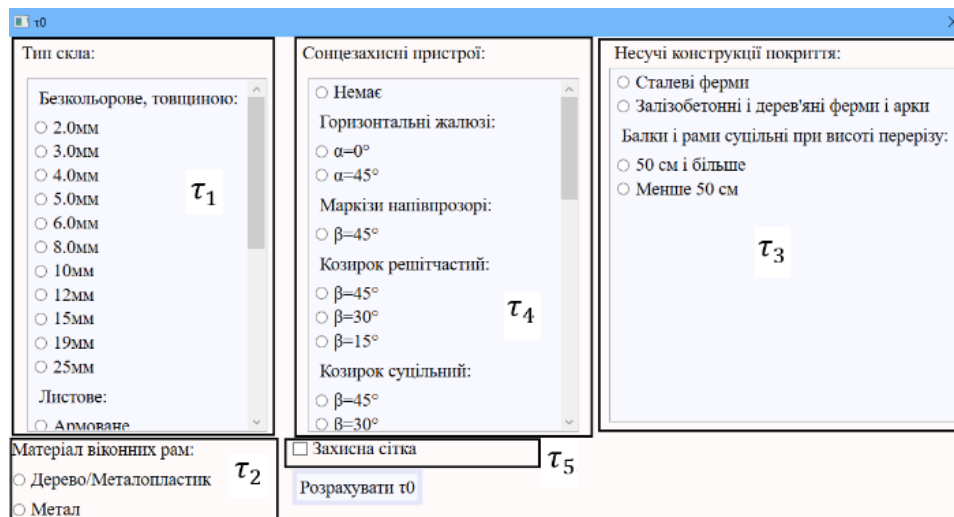


Рис. 4. Вікно вибору складових загального коефіцієнта світлопропускання

Для введення значень відповідних коефіцієнтів, які є складовими формули 2, необхідно натиснути кнопку «Розрахувати τ_0 ». Після цього відкривається діалогове вікно (рис. 4), поділене відповідно до коефіцієнтів, що впливають на загальний коефіцієнт світлопропускання. На цьому етапі у програмі реалізовані таблиці

М.9–М.11 у [1]. Після вибору всіх проміжних значень, які необхідні для розрахунку площі світлових прорізів за формулою 1, для отримання результату необхідно натиснути кнопку «Розрахувати площу світлових прорізів». Програма автоматично проведе обрахунок та вибір проміжних коефіцієнтів і виведе результат

розрахунку у вигляді, показаному на рисунку 5.

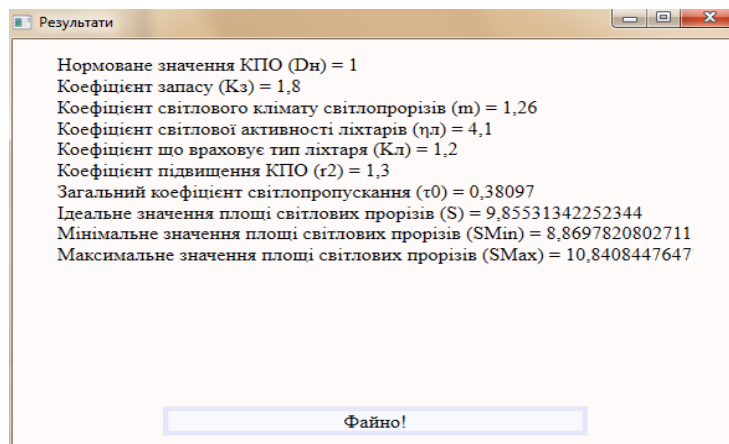


Рис. 5. Отримання результату проведених розрахунків

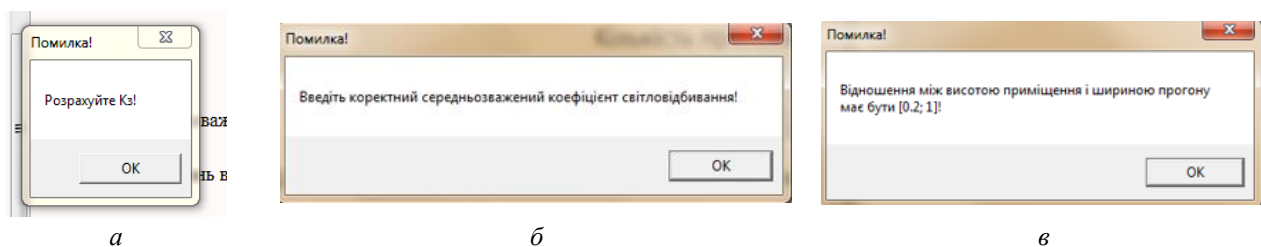


Рис. 6. Приклади захисту від уведення помилкових даних:

а – повідомлення про пропущений коефіцієнт; б, в – повідомлення про введення некоректних даних

У випадку, якщо користувач випадково допустив помилку при введенні даних, або введені значення виходять за межі існуючих, програма сповістить про це відповідним повідомленням, приклад якого наведено на рисунку 6.

Прикладом таких некоректних розрахункових значень може бути азимут, який перевищує значення у 360° . Тобто у програмі реалізовано захист від помилок та перевірку розрахункових значень.

Крім того, розроблений програмний продукт для розрахунку одностороннього бокового природного освітлення, описаний у [3], був модернізований не тільки наповненням функціонала для розрахунку верхнього природного освітлення, а й функціоналом для розрахунку двостороннього природного освітлення за [1].

Для використання програми з метою розрахунку двостороннього природного освітлення необхідно у випадаючому списку обрати відповідний пункт «Двостороннє». Інтерфейс вікна програми зміниться відповідним чином (рис. 7), а у правій

частині автоматично будуть додані поля для введення відповідних даних, які необхідні за регламентованою методикою розрахунку [1] (наприклад, азимут Beta для введення другого значення азимуту).

Після проведення розрахунків та натискання кнопки «Файно» (рис. 6) усі проміжні дані видаляються із буферної пам'яті програми. Досить часто трапляються випадки, коли необхідно провести розрахунок природного освітлення приміщення декілька разів шляхом зміни одного або декількох проміжних коефіцієнтів.

Для спрощення проведення таких розрахунків та поліпшення відображення отриманих даних у програмі реалізовано збереження введених даних у відповідних полях.

З метою спрощення порівняння даних із декількох розрахунків та відображення результатів у програмі реалізовано можливість запису проміжних результатів у журнал. Відкриття журналу відбувається відповідною кнопкою у лівому нижньому кутку програми (рис. 7). У цьому журналі

будуть відображатись не тільки результати попередньо проведених розрахунків (рис. 8), а й вхідні розрахункові дані.

Рис. 7. Інтерфейс функціонала для обрахунку двостороннього природного освітлення

Рис. 8. Збереження розрахункових даних у вбудованому журналі

Зазначений журнал можна очистити шляхом натискання відповідної кнопки, а також зберегти у файлі. Збереження результатів відбувається шляхом автоматичного створення файла із назвою log у папці, в якій розташована програма. Тобто в розробленому програмному продукті також частково реалізований автоматизований документообіг.

Висновки

Розроблений програмний продукт для розрахунку бокового одностороннього природного освітлення доповнено функціоналом, призначеним для розрахунку двостороннього бокового та верхнього природного освітлення. В ньому реалізовано захист від уведення помилкових даних, а також частково реалізований автоматизований документообіг, який

полягає у можливості ведення журналу із розрахунками.

Використання такого спеціалізованого програмного забезпечення стало одним із методів автоматизації розрахунків під час ескізного проектування природного освітлення приміщень, а також для проведення оцінки наявного природного освітлення та його відповідності вимогам, які регламентовані *ДБН В.2.5:28-2018. Природне і штучне освітлення*.

Запропонований підхід до розрахунку природного освітлення дозволить мінімізувати можливість виникнення помилок, збільшить точність проведених розрахунків, пришвидшить процес обрахунку площі світлових прорізів, а також дозволяє проводити розрахунок площі світлових прорізів без знання методики.

Практичне застосування такий метод сфері охорони праці для оцінення має в будівельній галузі під час відповідності наявного освітлення проектування систем освітлення, а також у регламентованим вимогам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5:28-2018. Природне і штучне освітлення. [Чинні від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінергіон України, 2018. 137 с.
2. Соколан Ю. С. Проблематика забезпеченості спеціалізованим програмним забезпеченням в сфері охорони праці. *Проблеми та перспективи розвитку охорони праці : Всеукр. наук.-практ. конф.* Львів, 2021. С. 16–17.
3. Соколан Ю. С., Шевеля В. В., Педгонь І. Автоматизований підхід до оцінки стану бокового освітлення приміщень. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 5 (011). С. 100–109.
4. ДБН В.2.5:28-2006. Природне і штучне освітлення. [Чинні до 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінергіон України, 2006. 142 с. (Державні будівельні норми).
5. Соколан Ю. С., Паршенко К. А. Аналіз змін у нормуванні природного освітлення приміщень у відповідності із державними будівельними нормами. *Вісник Хмельницького Національного Університету*. 2020. № 6 (291). С. 67–72.
6. Paule B., Boutillier J., Pantet S., Sutter Y. A lighting simulation tool for the new European daylighting standard. ResearchGate : веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/329091178_A_lighting_simulation_tool_for_the_new_European_daylighting_standard (дата звернення: 11.01.2024).
7. Christakou E., Silva N. A comparison of software for architectural simulation of natural light. ResearchGate : веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/221231753_A_Comparison_of_Software_for_Architectural_Simulation_of_Natural_Light (дата звернення: 11.01.2024).
8. Davoodi A., Johansson P., Laike T., Aries M. Current Use of Lighting Simulation Tools in Sweden. ResearchGate : веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/338804137_Current_Use_of_Lighting_Simulation_Tools_in_Sweden (дата звернення: 11.01.2024).

REFERENCES

1. *DBN B.2.5:28-2018. Pryrodne ta shtuchne osvittlennya* [SCN B.2.5:28-2018. Natural and artificial illumination]. Valid from 2019-03-01. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2019. 137 p. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).
2. Sokolan Yu.S. *Problematyka zabezpechenosti spetsializovanim programnym zabezpechenniam v sferi ohorony pratsi* [Problems of provision of specialized software in the field of labor protection]. *Problemy ta perspektyvy rovytku ohorony pratsi : Vseukrainyska naukovo-praktychna konferentsiya* [Problems and Prospects of Development of Labor Protection : All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Lviv, 2021. Pp. 16–17. (in Ukrainian).
3. Sokolan Y.S., Shevelia V.V. and Pedgon I. *Avtomatyzovaniy pidhid do otcinky stanu bokovogo osvittlennya prymishchen*. [Automated approach to assessing the state of side lighting of premises]. *Ukrainskiy zhurnal budivnytstva ta arhitektury*. [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2022, no. 5 (011), pp. 100–109. (in Ukrainian).
4. *DBN B.2.5:28-2006. Pryrodne ta shtuchne osvittlennya* [SCN B.2.5:28-2006. Natural and artificial illumination]. Valid till 2019-03-01. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2006, 142 p. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).
5. Sokolan Yu.S. and Parshenko K.A. *Analiz zmin u normuvanni prurodnogo osvittlennya prymishchen u vidpovidnosti iz Derzhavnymy budivelnymy normamy* [Analysis of changes in regulation of natural illumination in accordance with State Construction Regulations]. *Visnyk Khmel'nyts'koho Natsional'noho Universytetu* [Herald of Khmelnytskyi National University]. 2020, no. 6, pp. 67–72. (in Ukrainian).
6. Paule B., Boutillier J., Pantet S. and Sutter Y. A lighting simulation tool for the new European daylighting standard. ResearchGate : web-site. URL: https://www.researchgate.net/publication/329091178_A_lighting_simulation_tool_for_the_new_European_daylighting_standard (accessed: 11.01.2024).
7. Christakou E. and Silva N. A comparison of software for architectural simulation of natural light. ResearchGate : web-site. URL: https://www.researchgate.net/publication/221231753_A_Comparison_of_Software_for_Architectural_Simulation_of_Natural_Light (accessed: 11.01.2024).
8. Davoodi A., Johansson P., Laike T. and Aries M. Current Use of Lighting Simulation Tools in Sweden. ResearchGate : web-site. URL: https://www.researchgate.net/publication/338804137_Current_Use_of_Lighting_Simulation_Tools_in_Sweden (accessed: 11.01.2024).

Надійшла до редакції: 15.02.2024.

УДК 69.059.1

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.150.1035

РОЗРОБЛЕННЯ КОНЦЕПТУ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

ШАТОВ С. В.¹, *докт. техн. наук, доц.*,
БОГАЧЕНКО С. В.^{2*}, *аспір.*

¹ Кафедра будівельних і дорожніх машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (056)-756-33-73, e-mail: shatov.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

^{2*} Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (056)-756-34-76, e-mail: bohachenko.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4787-8737

Анотація. Постановка проблеми. На сьогоднішній день основний спосіб контролю стану будівель та споруд – періодичне оцінювання технічного стану та моніторинг. Це важлива практика, яка гарантує надійність та безпеку експлуатації будівель і споруд та їх конструкцій, допомагаючи виявити та встановити явні і можливі причини появи дефектів та пошкоджень. Однак існуюча практика зберігання результатів обстежень та моніторингу найчастіше зводиться до записів у звітах на паперових носіях, що ускладнює аналіз із часом. Таким чином, виникає необхідність у створенні цифрової інформаційної системи, призначеної для обліку та зберігання результатів моніторингу будівель та споруд. Це дозволить зробити дані доступними та організованими для фахівців, спростивши аналіз та забезпечивши їх ефективне використання для прийняття рішень. Така система зможе значно підвищити безпеку та ефективність управління будівлями та спорудами. **Мета роботи** – розроблення архітектури бази даних для цифровізації інформації, пов'язаної з обстеженням та моніторингом технічного стану будівель та споруд. **Висновки.** Створена структура бази даних дозволить зберігати інформацію про будівлі, їх власників, місцезнаходження, конструкції, виявлені в ході візуального та інструментального обстежень дефекти та пошкодження, а також організаційні та технічні заходи направлені на приведення конструкцій у нормальний технічний стан або зменшення впливу негативних факторів. Це сприятиме більш ефективному управлінню та допоможе підтримувати об'єкти нерухомості в працездатному стані, знижуючи ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Ключові слова: оцінка технічного стану; моніторинг технічного стану; експлуатація будівель та споруд; інформаційні системи; база даних

DEVELOPMENT OF A DATABASE CONCEPT FOR DIGITALISING THE EXPERIENCE OF BUILDINGS AND STRUCTURES OPERATING

SHATOV S.V.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
BOGACHENKO S.V.^{2*}, *Postgrad. Stud.*

¹ Department of Construction and Road Vehicles, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (056)-756-33-73, e-mail: shatov.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

^{2*} Department of Construction Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (056)-756-34-76, e-mail: bohachenko.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4787-8737

Abstract. Problem statement. These days, the main method of monitoring the buildings and structures state is through periodic technical state assessment and monitoring. This is an important practice that guarantees the reliability and safety of the operation of buildings and structures, helping to identify and establish the obvious and possible causes of defects and damages. However, the current practice of storing the results of surveys and monitoring is often limited to records in paper reports, which makes it difficult to analyse over time. Thus, there is a need to create a digital information system designed to record and store the results of monitoring of buildings and structures. This will make the data accessible and organised for specialists, simplifying analysis and ensuring their effective use for decision-making. Such a system will significantly improve the safety and efficiency of buildings and structures management. **The purpose of the article** is the development of a database architecture for the digitalisation of information related to the inspection and monitoring of the technical state of buildings and structures. **Conclusions.** The developed database structure will allow storing information about buildings, their owners, location, structures, defects and damage

identified during visual and instrumental inspections, as well as organisational and technical measures aimed at bringing structures back to normal technical state or reducing the impact of negative factors. This will contribute to more efficient management and help maintain the property in good working order, reducing the probability of emergency situations.

Keywords: *assessment of technical state; monitoring of technical state; exploitation of buildings and structures; information systems; database*

Постановка проблеми. Одні з найбільш поширених механізмів контролю технічного стану будівель та споруд (БтаС) – це моніторинг та обстеження. Моніторинг являє собою комплексну систему, яка забезпечує надійність будівель і споруд, а також дозволяє визначати причини появи дефектів та пошкоджень, що, у свою чергу, сприяє ефективному плануванню необхідних ремонтних робіт.

Проте на даний час результати моніторингу та обстежень здебільшого відображені у вигляді звітів, які зберігаються на паперових носіях або в електронному вигляді, що ускладнює аналіз результатів за подальшого накопичення даних. Цей аспект стає на перешкоді кваліфікованим експертам в оціненні технічного стану для виявлення причин виникнення дефектів та пошкоджень.

Тому постає питання формування цифрової інформаційної системи із забезпечення безпечної експлуатації БтаС, оскільки інтеграція результатів експлуатації БтаС у систему цифрового обліку стала необхідною для розвитку методологічних та технологічно-організаційних процесів у сучасних умовах.

Така цифрова система дозволить не лише ефективно зберігати результати моніторингу, а й забезпечувати, структурованість та легкість доступу до інформації для фахівців.

Аналіз публікацій. У галузі моніторингу та обстеження будівель та споруд наявна значна кількість досліджень [1–4].

Одним з основних напрямів досліджень стало впровадження систем моніторингу, які дозволяють безперервно відстежувати параметри стану будівель та споруд. Це включає використання датчиків і систем автоматизованого збору даних для безперервного контролю і раннього виявлення можливих проблем.

Дослідники Д. В. Попруга та О. І. Валовой у своїй публікації [4] приходять до висновку, що у разі експлуатації висотних будівель доцільно використовувати системи автоматизованого моніторингу.

Проте існує необхідність моніторингу технічного стану звичайних будівель. В таких випадках доцільним стає моніторинг, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану. Тут основний акцент спрямований на методологію оцінювання, прогнозування та регулювання технічного стану будівель і споруд. Так, Д. В. Бровко в своїй публікації [1] пропонує методику розрахунку термінів наступного обстеження, а Є. В. Клименко в роботі [3] наводить рекомендації щодо організації робіт із моніторингу, оснований на показниках експлуатаційної придатності, які встановлюються під час обстежень. Однак не порушується питання про прикладний інструментарій, який дозволяє накопичувати та відображати результати моніторингу та обстежень.

Мета роботи – створення архітектури бази даних, яка дозволить перетворити інформацію, пов'язану з відстеженням технічного стану будівель та їх конструкцій, на цифровий формат.

Результати досліджень. Згідно з ДСТУ, [2] інформаційна система (ІС) – система опрацювання інформації, а також пов'язані організаційні ресурси, такі як людські, технічні та фінансові, що забезпечує та поширює інформацію. В більш предметному сенсі ІС – це набір елементів, який включає:

- 1) базу даних – сукупність даних, упорядкованих для спрощення, швидкості пошуку та вилучення за допомогою комп'ютера [6]. База даних являє собою структуроване сховище інформації, де дані організовані та пов'язані між собою, що дозволяє ефективно зберігати, обробляти та отримувати інформацію;

2) систему управління базою даних (СУБД) – програмне забезпечення, яке дозволяє користувачам створювати та підтримувати базу даних. СУБД – це програмна система загального призначення, яка полегшує процеси визначення, створення, обробки та спільного використання баз даних між різними користувачами та програмами [6].

Основні функції системи управління базою даних включають:

- створення та визначення схеми бази даних: СУБД дозволяє визначити структуру бази даних, включаючи таблиці, поля, індекси та зв'язки між таблицями;

- зберігання даних: СУБД забезпечує механізми для ефективного зберігання та організації даних на диску або пам'яті;

- обробка запитів: СУБД дозволяє виконувати запити на вилучення даних, оновлення, видалення та вставку даних у базу даних;

- забезпечення цілісності даних: СУБД підтримує механізми для перевірки та підтримки цілісності даних, включаючи обмеження цілісності та транзакції;

- управління доступом: СУБД управляє доступом користувачів та додатків до даних,

визначаючи різні рівні доступу та права користувачів;

- оптимізація запитів: СУБД автоматично оптимізує виконання запитів, вибираючи найефективніші шляхи виконання та використання індексів;

- забезпечення безпеки: СУБД надає механізми для безпеки даних, включаючи шифрування, автентифікацію та аудит дій користувачів;

3) прикладну програму – це комп'ютерна програма, розроблена для виконання конкретних завдань та певних функцій у межах певної предметної галузі. Прикладні програми створюються для задоволення потреб користувачів в обробці даних, автоматизації завдань і виконання конкретних операцій.

Після визначення компонентів ІС з'ясовано процес взаємодії користувача з інформаційною системою, який схематично відображено на рисунку 1. При визначенні процесу взаємодії вибрано клієнт-серверну СУБД, однак можливе і використання файл-серверної СУБД, тобто коли СУБД встановлена на робочих станціях, а на сервері тільки БД.

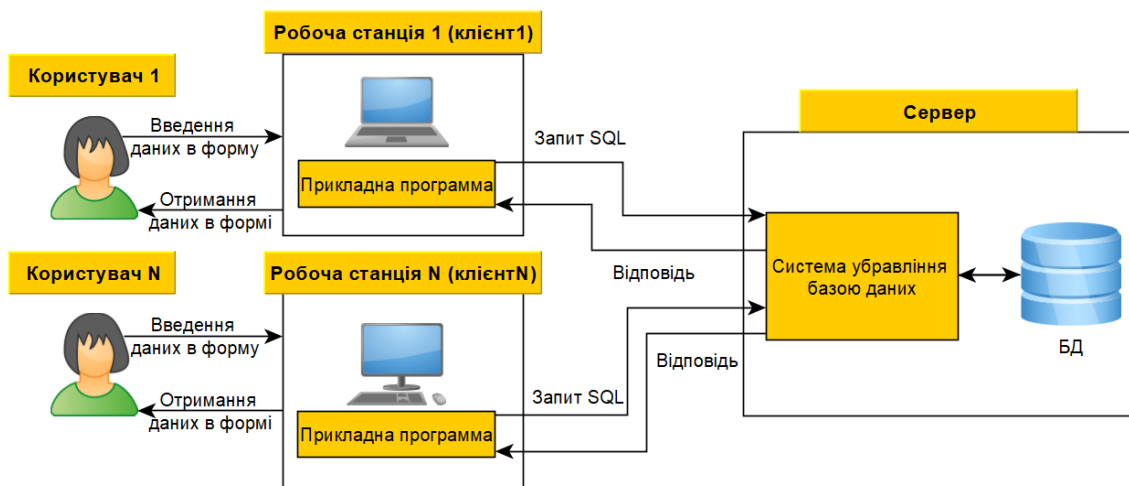


Рис. 1. Процес взаємодії користувачів із базою даних

Взаємодія користувача з базою даних відбувається за допомогою прикладної програми з графічним інтерфейсом, в якій закладені готові рішення SQL-запитів для звернення до СУБД.

Після визначення елементів ІС та процесу взаємодії користувачів із базою даних визначено топологію експлуатації БтаС, яка у загальному вигляді відображена на рисунку 2.

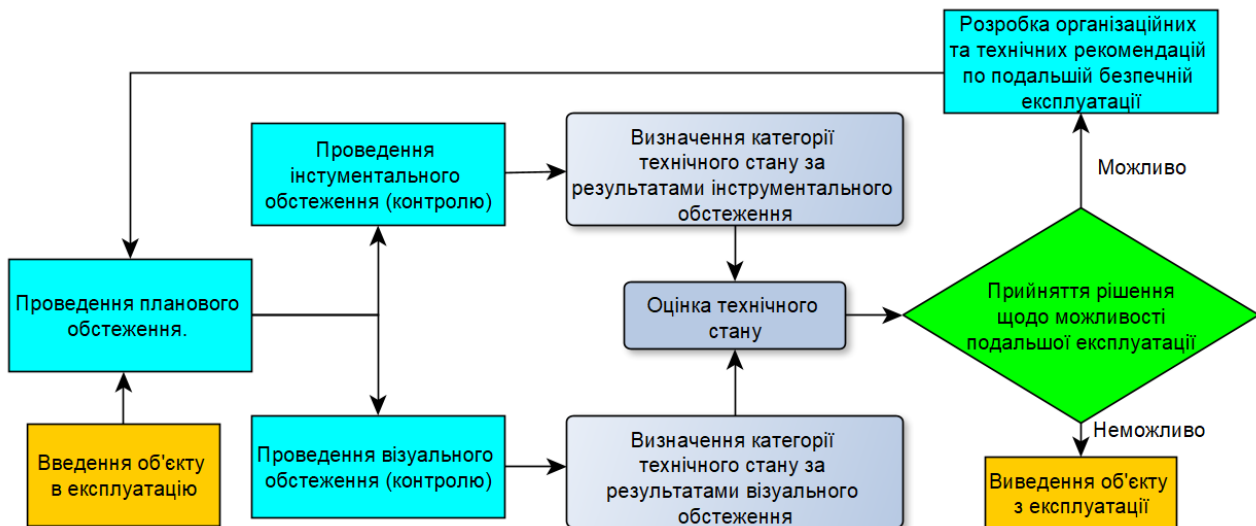


Рис. 2. Топологічна схема експлуатації БтаС

Ця топологічна схема прийнята за основу для створення інформаційної системи з моніторингу технічного стану будівель та споруд, оскільки як охоплює наявні дефекти та пошкодження, так і враховує характеристики будівельних матеріалів об'єктів будівництва. Так, після введення об'єкта в експлуатацію в ході планового обстеження виконується візуальний та інструментальний контроль будівельних конструкцій, після чого визначається категорія технічного стану за кожним типом конструкцій.

За результатами визначених категорій технічного стану виконується оцінка технічного стану об'єкта у цілому. На основі оцінки технічного стану об'єкта приймається рішення про доцільність подальшої експлуатації. У разі продовження експлуатації розробляються рекомендації щодо усунення виявлених дефектів і пошкоджень, що дозволить знизити рівень (або швидкість) деградації та попередить відмову конструкцій до проведення наступного планового обстеження. В іншому випадку об'єкт виводиться з експлуатації.

Наступним етапом визначено перелік необхідної інформації, яка повинна

міститися в базі даних, щоб задовольняти вимоги законодавчих та нормативних документів.

У Наказі [5] затверджено форму паспорта об'єкта будівництва, яка включає набір необхідних параметрів для кожного виду будівлі або споруди. Дані параметри були прийняті як необхідний мінімум при внесенні загальних відомостей про будівлю або споруду в базу даних.

Ці параметри в основні своїй частині мають статичний характер і не впливають на технічний стан об'єкта, однак їх наявність у базі даних зумовлена необхідністю ідентифікації параметрів будівель, конструкцій та їх особливостей. Крім вище зазначеного, в даний блок вноситься інформація про територію розташування об'єкта, оскільки характеристика території може впливати на стан будівлі та її конструкції.

Окрім параметрів будівлі і території розташування в архітектурі бази даних передбачена і необхідна інформація щодо технічного стану кожної конструкції.

В узагальненому вигляді архітектура бази даних із моніторингу технічного стану БтаС зображена на рисунку 3.

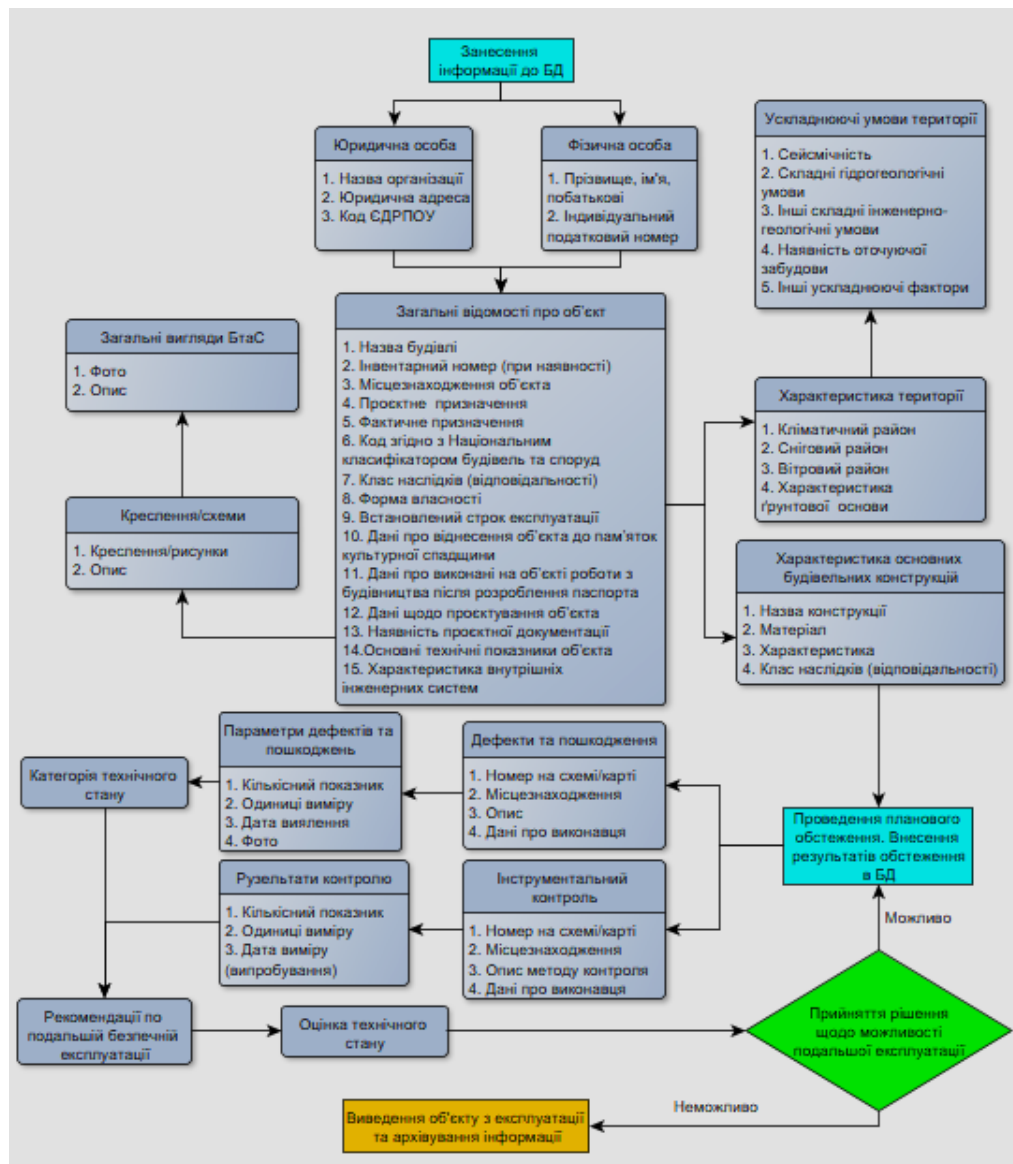


Рис. 3. Архітектура бази даних із моніторингу технічного стану Бтас

Для всебічного відображення технічного стану конструкцій передбачено два блоки, які ґрунтуються на результатах візуального та інструментального обстежень. Інформація в цих блоках динамічна, оскільки параметри дефектів та пошкоджень, а також характеристики конструкцій можуть змінюватись у часі.

За накопиченими даними в динамічному блоці можливий аналіз динаміки змін показників будівельних конструкцій і, як наслідок, зважене прийняття рішення щодо подальшої експлуатації Бтас або виведення їх з експлуатації.

Висновки

Цифровізація досвіду експлуатації будівель та споруд – необхідний крок у розвитку сучасної інженерної галузі. Впровадження цифрових технологій в експлуатацію будівель та споруд дає можливість створення централізованих інформаційних систем, що поєднують дані про технічний стан та рекомендації щодо ремонту, що, у свою чергу, дозволяє краще розуміти поточний стан об'єктів, передбачати можливі проблеми та приймати поінформовані рішення.

Шляхом аналізу накопиченої інформації можна виявляти тенденції, визначати оптимальні терміни щодо проведення ремонтів та уникати аварійних ситуацій.

Визначена топологія експлуатації будівлі та споруди, їх власників, майданчик будівель та споруд дозволяє відслідковувати розміщення об'єктів, перелік та стан конструкцій протягом усього терміну експлуатації за умови проведення планових характеристики конструкцій, виявлені обстежень, а розроблена архітектура бази дефекти та пошкодження будівельних конструкцій і рекомендації щодо їх усунення даних дозволить зберігати інформацію про або зменшення рівня деградації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бровко Д. В. Урахування технічного стану конструкцій і елементів промислових будівель та споруд, що реконструюються, для визначення терміну наступного обстеження і паспортизації. *Вісник Криворізького національного університету*. Вип 35. 2013. С. 26–30.
2. ДСТУ ISO/IEC 2382-15:2017 (ISO/IEC 2382:2015, IDT). Інформаційні технології. Словник термінів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 464 с.
3. Клименко Є. В. Методологія оцінювання, прогнозування та регулювання технічного стану будівель і споруд із залізобетону : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.23.01 Львів, 2008. 26 с.
4. Попруга Д. В., Валовой О. І. Проблеми моніторингу технічного стану будівель і споруд. *Вісник Криворізького національного університету*. Вип. 34. 2013. С. 186–190.
5. Про затвердження форми паспорта об'єкта будівництва : наказ від 10.11.2017 р. № 298. Київ : Мін-во регіонального розвитку, буд-ва, ЖКГ України, 2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1460-17#Text>
6. Elmasri R., Navathe S. B. *Fundamentals of Database Systems*. Pearson, 2016. 1242 с.

REFERENCES

1. Brovko D.V. *Urakhuvannya tekhnichnoho stanu konstruksiy i elementiv promyslovykh budivel' ta sporud, shcho rekonstruyuyut'sya dlya vyznachennya terminu nastupnoho obstezhennya i pasportyzatsiyi* [Taking into account the technical condition of structures and elements of industrial buildings and structures that are being reconstructed to determine the term of the next inspection and certification]. *Visnyk of Kryvyi Rih National University* [Bulletin of Kryvyi Rih National University]. 2013, vol. 35, pp. 26–30. (in Ukrainian).
2. *DSTU ISO/IEC 2382-15:2017 (ISO/IEC 2382:2015, IDT). Informatsiyini tekhnolohiyi. Slovnyk terminiv* [DSTU ISO/IEC 2382-15:2017 (ISO/IEC 2382:2015, IDT). Information Technology. Dictionary of terms]. Kyiv : SE "UkrNDNC", 2017, 464 p. (in Ukrainian).
3. Klymenko Ye.V. *Metodolohiya otsinyuvannya, prohnozuvannya ta rehulyuvannya tekhnichnoho stanu budivel' i sporud iz zalizobetonu : avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.23.01* [Methodology of assessment, forecasting and regulation of the technical condition of buildings and structures made of reinforced concrete : abstract of the diss. ... candidate technical sciences: 05.23.01]. Lviv, 2008, 26 p. (in Ukrainian).
4. Popruha D.V. and Valovoy O.I. *Problemy monitorynhu tekhnichnoho stanu budivel' i sporud* [Problems of monitoring the technical condition of buildings and structures]. *Visnyk of Kryvyi Rih National University* [Bulletin of Kryvyi Rih National University]. 2013, vol. 34, pp. 186–190. (in Ukrainian).
5. *Pro zatverdzhennya formy pasporta ob'yekta budivnytstva : Nakaz vid 10.11.2017 r. № 298* [On approval of the passport form of the construction object : Decretal from November 10, 2017, no. 298]. Kyiv : Ministry of Regional Development, Civil Engineering, Housing and Communal Services of Ukraine, 2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1460-17#Text> (in Ukrainian).
6. Elmasri R. and Navathe S.B. *Fundamentals of Database Systems*. Pearson, 2016, 1242 p.

Надійшла до редакції: 17.03.2024.

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. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Україна, м. Дніпро
кімната 501 (відповідальний секретар)

☎ +38 (050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Підписано до друку 05.03.2024 р. Формат 60×84 1/8.

Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 9,31. Умовн. фарб.-відб. арк. 9,31.

Обл.-видавн. арк. 18,62. Наклад 50 прим. Зам. 207

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, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49005, Ukraine

☎ +38 (050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Sent to press on 05 March 2024. Format 60×84 1/8.

Digital printing. Conventional quire 9,31. Conventional colour imprints 9,31.

Publisher's signatures 18,62. Number of copies 50. Order 207