

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**УКРАЇНСЬКИЙ
ЖУРНАЛ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 5 (011)

вересень – жовтень 2022

Дніпро 2022

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, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро. В. І. Большаков, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. М. Волчук, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків. С. І. Губенко, д-р техн. наук, 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 будівництва та архітектури, Харків. М. М. Налисько, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Т. Д. Нікіфорова, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. І. Проскураков, д-р арх., Національний університет «Львівська політехніка», Львів. В. Л. Сєдін, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. В. В. Товбич, д-р арх., Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ. О. В. Харлан, к-т арх., ПДАБА, Дніпро. С. В. Шатов, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Едіт Барна, к-т техн. наук, Будапештський технічно-економічний університет, Будапешт (Угорщина). Анна Бач, д-р арх., Вроцлавський університет, Вроцлав (Польща). Александрс Корякінс, д-р техн. наук, Ризький технічний університет, Рига (Латвія). В. І. Куксенко, к-т техн. наук, Управління з атомної енергетики Великобританії, Оксфорд (Великобританія). Богуслав Подхалянський, д-р арх., Краківський політехнічний інститут імені Тадеуша Костюшка, Краків (Польща).

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

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

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

Виходить 6 разів на рік.

Рекомендовано до друку вченою радою академії, протокол № 3 від 25.10.2022 р.

Сайт видання <http://uaicea.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 ім. В. І. Вернадського.

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

Художній і технічний редактор Сергій МОЇСЄНКО
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

№ 5 (011)

September – October 2022

Dnipro 2022

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

Scientific-Practical Journal is included in	List of scientific professional publications of Ukraine (category "B"), where the results of dissertations for the degree of Doctor and Candidate of Engineering Sciences and Architecture (by specialty 132, 191, 192, 194, 263) can be published according to the Resolution of the Ministry of Science and Education of Ukraine No. 157 dated 09.02.2021 (Appendix no. 3).
Certificate of State Registration	of the Print Media – Series KB No. 24586-14526 IIP – issued by the Ministry of Justice of Ukraine dated October 09, 2020.
Founder & Publisher	State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture". Issued 6 times a year.
Recommended for publication by	Academic Board of the Academy, No. 3 from 25.10.2022
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

Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольський Р. В. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ РОЗПАДУ АУСТЕНІТУ ЗА БЕЗПЕРЕРВНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ СТАЛІ З 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК НОВОГО ПОКОЛІННЯ	7
Біляев М. М., Берлов О. В., Біляева В. В., Козачина В. А., Золотько О. В. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВСМОКТУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В РОБОЧИХ ЗОНАХ	14
Беліков А. С., Саньков П. М., Шаломов В. А., Дзюбан О. В. ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ	21
Гаєвський В. Р., Филипчук В. Л., Дейнека О. Ю. ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНЬ ТЕПЛОБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ КОНДЕНСАТОРІВ ПАРОВИХ ТУРБІН ТЕС НА ВЕЛИЧИНУ ВИКИДІВ ДІОКСИДУ АЗОТУ	27
Герасименко В. О., Мітіна Н. Б., Гармаш С. М., Малиновська Н. В. ПРАЦЕОХОРОННИЙ АСПЕКТ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	36
Зубарева І. М., Мітіна Н. Б., Малиновська Н. В. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ З БІОЛОГІЧНИМИ АГЕНТАМИ	43
Комаров К. О., Комаров М. О. АКТУАЛЬНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ КІНОСТУДІЙНИХ ПРОСТОРІВ З УРАХУВАННЯМ ПОТРЕБ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП ТА ОСІБ ІЗ ВАДАМИ ЗОРУ	51
Кудрявцев А. В., Мітіна Н. Б., Ситар В. І. БЕЗПЕКА ЗАСТОСУВАННЯ ІЗОФТАЛЕВОЇ КИСЛОТИ ЯК КОМПОНЕНТА ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ	55
Мітіна Н. Б., Плис М. М., Герасименко В. О., Малиновська Н. В., Смирнова О. В.. АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ НА ПРЕДМЕТ ЇЇ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ	60
Налисько М. М., Беліков А. С., Нажа П. М., Лещенко С. КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРОСТОРУ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ТИМЧАСОВОГО РОЗМІЩЕННЯ ЛЮДЕЙ ЗІ СТВОРЕННЯМ ПСИХОЛОГІЧНОГО КОМФОРТУ	69
Подолінний С. І., Гіркiна Д. Д. ІННОВАЦІЙНІ ВЕКТОРИ ТВОРЧОСТІ НАРОДНОГО АРХІТЕКТОРА УКРАЇНИ ВОЛОДИМИРА ВЕСНІНА	80
Слащов І. М., Беліков А. С., Слащова О. А., Кульбач А. А. ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ ВТРАТИ СТІЙКОСТІ ГЕОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА ГЕОМЕХАНІЧНИМИ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИМИ ЧИННИКАМИ	89
Соколан Ю. С., Шевеля В. В., Пегдонь І. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ СТАНУ БОКОВОГО ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ	100
Шайхлісламова І. А., Муха О. А., Павлова І. Ю. ОХОРОНА ПРАЦІ ЗА РІЗНИМИ ФОРМАМИ ПРАЦЕВЛАШТУВАННЯ	110

CONTENT

Babachenko O.I., Kononenko G.A., Podolskyi R.V. INVESTIGATION OF THE AUSTENITE DECAY KINETICS DURING CONTINUOUS COOLING OF STEEL WITH 0.84 % C, 0.44 % Si, 0.95 % Mn, 0.01 % B, 0.0006 % Ca FOR RAILWAY RAILS OF THE NEW GENERATION.....	7
Biliaiev M.M., Berlov O.V., Biliaieva V.V., Kozachyna V.A., Zolotko O.V. ANALYSIS OF THE SUCTION SYSTEM EFFICIENCY FOR REDUCING THE LEVEL OF AIR POLLUTION IN WORKING AREAS.....	14
Belikov A.S., Sankov P.M., Shalomov V.A., Dzyuban O.V. TO THE ISSUE OF NOISE POLLUTION ASSESSMENT FOR HIGHWAYS.....	21
Gayevskii V.R., Fylypchuk V.L., Dejneka O.Yu. INFLUENCE OF HEAT-EXCHANGE SURFACES FOULING FOR TPP STEAM TURBINES CONDENSERS ON THE AMOUNT OF NITROGEN DIOXIDE EMISSIONS.....	27
Gerasimenko V.A., Mitina N.B., Garmash S.N., Malynovska N.V. OCCUPATIONAL PROTECTION ASPECT OF BIOLOGICAL SAFETY	36
Zubareva I.M., Mitina N.B., Malynovska N.V. GENERAL RULES FOR SAFE WORK WITH BIOLOGICAL AGENTS.....	43
Komarov K.O., Komarov M.O. ACTUAL WAYS OF USING FILM STUDIO SPACES WITH CONSIDERATION OF THE NEEDS OF PEOPLE WITH REDUCED MOBILITY AND THE VISUALLY IMPAIRED.....	51
Kudryavtsev A.V., Mitina N.B., Sytar V.I. SAFETY OF USING ISOPHTHALIC ACID AS A COMPONENT OF POLYMER MATERIALS.....	55
Mitina N.B., Plis M. M., Gerasimenko V.A., Malynovska N.V., Smirnova O.V. ANALYSIS OF THE METHOD FOR FORECASTING THE CONSEQUENCES OF AN ACCIDENT AT CHEMICALLY DANGEROUS OBJECTS IN THE SUBJECT OF ITS PRACTICAL USE AS INTENDED.....	60
Nalysko M.M., Belikov A.S., Nazha P.M., Leshchenko S. THE CONCEPT OF THE PUBLIC BUILDINGS SPACE USING FOR TEMPORARY PEOPLE ACCOMMODATION WITH THE CREATION OF PSYCHOLOGICAL COMFORT.....	69
Podolynnyi S.I., Hirkina D.D. INNOVATIVE VECTORS IN THE CREATIVITY OF VOLODYMYR VESNIN, PEOPLE'S ARCHITECT OF UKRAINE	80
Slashchov I.M., Belikov A.S., Slashchova O.A., Kulbach A.A. RISKS IDENTIFICATION OF THE GEOTECHNICAL SYSTEM STABILITY LOSS DUE TO GEOMECHANICAL AND HYDROGEOLOGICAL FACTORS.....	89
Sokolan Yu.S., Shevelya V.V., Piegdoń I. AUTOMATED APPROACH TO ASSESSMENT OF THE LATERAL NATURAL ILLUMINATION IN PREMISES.....	100
Shaikhislamova I.A., Mukha O.A., Pavlova I.Yu. LABOR PROTECTION IN DIFFERENT FORMS OF EMPLOYMENT.....	110

УДК 669.112.227.1 : 669.14.018.294.2.001.5
DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.7.885

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ РОЗПАДУ АУСТЕНИТУ ЗА БЕЗПЕРЕРВНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ СТАЛІ З 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК НОВОГО ПОКОЛІННЯ

БАБАЧЕНКО О. І.¹, *докт. техн. наук*,
КОНОНЕНКО Г. А.², *докт. техн. наук*,
ПОДОЛЬСЬКИЙ Р. В.^{3*}

¹ Відділ проблем деформаційно-термічної обробки конструкційних сталей, Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, пл. Ак. Стародубова К. Ф., 1, 49107, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 790-05-14, e-mail: A_Babachenko@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-2869-3478

² Відділ проблем деформаційно-термічної обробки конструкційних сталей, Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, пл. Ак. Стародубова К. Ф., 1, 49107, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 790-05-14, e-mail: perlit@ua.fm, ORCID ID: 0000-0001-7446-4105

^{3*} Кафедра термічної обробки металів, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 713-59-51; відділ проблем деформаційно-термічної обробки конструкційних сталей, Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, пл. Ак. Стародубова К. Ф., 1, 49107, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 790-05-14, e-mail: rostislavpodolskij@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0288-0641

Анотація. *Мета роботи* – дослідження кінетики розпаду переохолодженого аустеніту за безперервного охолодження сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са для залізничних рейок нового покоління з підвищеними експлуатаційними властивостями для розроблення параметрів диференційованого охолодження. *Методика.* Дослідження кінетики розпаду аустеніту проводилось із застосуванням диференціально-термічного аналізу. Охолоджували зразки з різними швидкостями, контроль температури виконували із застосуванням хромель-алюмінієвих термопар, установлених по центру зразка. Мікроструктуру досліджували із застосуванням оптичного (AxioVert 200M mat) та електронного (PEM-106) мікроскопів. Міжпластинчасту відстань у перліті визначали лінійним методом, січні розташовувалися перпендикулярно пакетам пластин. Твердість за Віккерсом – при навантаженні 10 кг. Кількість структурних компонентів визначали на мікроструктурних зображеннях із застосуванням програмного комплексу imageJ. *Результати.* Аналіз ТКД показав, що за швидкостей охолодження 0,06...5,96 °C/c структура досліджуваної сталі складається в основному з перліту. У міру збільшення швидкості охолодження змінюється морфологія та збільшується дисперсність перліту: від середнього перліту до сорбітоподібного. Слід зазначити, що при діапазоні швидкості охолодження 0,06...0,07 °C/c утворюється цементит третинний. З діаграми видно, що за швидкості охолодження 5,96 °C/c твердість становить 468 HV (432 HB), а структура не містить бейніту. За швидкості охолодження 1,47 °C/c твердість становить 356 HV (345 HB). Це трохи нижче мінімально допустимого значення за EN 13674-1:2011 до залізничних рейок категорії R400HT (370HB), але методом інтерполяції можна визначити, що швидкість охолодження повинна бути не менше 2,5 °C/c для досягнення твердості щонайменше 393 HV (370 HB). Тобто за охолодження поверхні кочення рейки зі швидкістю 5,96 °C/c, центральних об'ємів головки рейки зі швидкістю не менше 2,5 °C/c можуть бути виготовлені високоміцні рейки категорій : вища (за ДСТУ 4344:2004) та R400HT (за EN 13674-1:2011) зі сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са. *Наукова новизна.* Побудовано термокінетичну діаграму розпаду аустеніту сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са. *Практична значимість.* Установлено, що із застосуванням дослідної сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са можливо досягти твердості вище 400HB без утворення голчастих структур проміжного перетворення, тому рекомендовано названий хімічний склад для виготовлення високоміцних рейок категорії R400HT за EN 13674-1- 2011.

Ключові слова: залізничні рейки; хімічний склад; міжпластинчаста відстань; кінетика розпаду аустеніту; фазові перетворення; твердість

INVESTIGATION OF THE AUSTENITE DECAY KINETICS DURING CONTINUOUS COOLING OF STEEL WITH 0.84 % C, 0.44 % Si, 0.95 % Mn, 0.01 % B, 0.0006 % Ca FOR RAILWAY RAILS OF THE NEW GENERATION

BABACHENKO O.I.¹, *Dr. Sc. (Tech.)*,
KONONENKO G.A.², *Dr. Sc. (Tech.)*,
PODOLSKYI R.V.^{3*}

¹ Department of Structural Steels' Deformation and Heat Treatment Problems, Iron and Steel Institute named after Z.I. Nekrasov of the National Academy of Sciences of Ukraine, 1, Ak. Starodubova K.F. Sq., Dnipro, 49107, Ukraine, tel. +38 (056) 790-05-14, e-mail: A_Babachenko@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-2869-3478

² Department of Structural Steels' Deformation and Heat Treatment Problems, Iron and Steel Institute named after Z.I. Nekrasov of the National Academy of Sciences of Ukraine, 1, Ak. Starodubova K.F. Sq., Dnipro, 49107, Ukraine, tel. +38 (056) 790-05-14, e-mail: perlit@ua.fm, ORCID ID: 0000-0001-7446-4105

^{3*} Department of Heat Treatment of Metals, National Metallurgical Academy of Ukraine, 4, Haharina Ave., Dnipro, 49000, Ukraine, tel. +38 (056) 713-59-51; Department of Structural Steels' Deformation and Heat Treatment Problems, Iron and Steel Institute named after Z.I. Nekrasov of the National Academy of Sciences of Ukraine, 1, Ak. Starodubova K.F. Sq., Dnipro, 49107, Ukraine, tel. +38 (056) 790-05-14, e-mail: rostislavpodolskij@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0288-0641

Abstract. Purpose. Investigation of the supercooled austenite decay kinetics during continuous cooling of steel with 0.84 % C, 0.44 % Si, 0.95 % Mn, 0.01 % B, 0.0006 % Ca for railway rails of a new generation with increased operational properties to develop parameters of differential cooling. **Method.** The investigation of the austenite decay kinetics was carried out using differential thermal analysis. Samples were cooled at different cooling rates, temperature control was performed using chromel-aluminum thermocouples installed in the center of the sample. Microstructural investigations are performed using optical (AxioVert 200M mat) and electronic (SEM-106) microscopes. The interplate distance in pearlite is determined by the linear method, the diagonals are located perpendicular to the plate packages. Vickers hardness at a load of 10 kg. The number of structural components is recognized on microstructural images using the imageJ software complex. **Results.** The TKD analysis showed that at cooling rates of 0,06...5,96 °C/s, the structure of the investigated steel consists of pearlite. As the cooling rate increases, the morphology changes and the dispersion of pearlite increases: from medium pearlite to sorbitol-like. It should be noted that in the cooling rate range of 0,06...0,07°C/s, tertiary cementite is formed from ferrite. The diagram shows that at a cooling rate of 5.96 °C/s the hardness is 468 HB (432 HB), and the structure does not contain bainite. At a cooling rate of 1.47 °C/s, the hardness is 356 HV (345 HB). This is slightly below the minimum allowable value (370 HV), but by interpolation it can be determined that the cooling rate must be at least 2.5 °C/s to achieve a hardness of at least 393 HV (370 HV). That is, when the rolling surface of the rail is cooled at a rate of 5.96 °C/s, the central volumes of the rail head at a rate of at least 2.5 °C/s, high-strength rails of the following categories can be manufactured: higher (DSTU (National Standard of Ukraine) 4344:2004) and R400HT (EN 13674-1:2011) from steel with 0.84 % C, 0.44 % Si, 0.95 % Mn, 0.01 % B, 0.0006 % Ca. **Scientific novelty.** Constructed thermokinetic diagram of steel austenite decay with 0.84 % C, 0.44 % Si, 0.95 % Mn, 0.01 % B, 0.0006 % Ca. **Practical value.** It was established that with the use of experimental steel with 0.84 % C, 0.44 % Si, 0.95 % Mn, 0.01 % B, 0.0006 % Ca it is possible to achieve a hardness above 400HV without the formation of needle-like structures, therefore this is recommended chemical composition for the manufacture of high-strength rails of the R400HT category according to EN 13674-1-2011.

Keywords: railway rails; chemical composition; interplate distance; kinetics of austenite decay; phase transformations; hardness

Вступ

Залізничні рейки – це елементи залізничного полотна, що зазнають знакозмінних навантажень у процесі експлуатації, тому метал повинен володіти високим опором втомі; а також рейки є деталями, що труться, тому вони повинні володіти достатнім опором зношуванню. Саме характеристики зносостійкості відіграють велику роль у роботі системи

колесо–рейка. Це визначає довговічність цих деталей.

Твердість традиційно використовувалася для попереднього оцінювання зносостійкості перлітних рейкових сталей. Це не означає, що висока твердість становить пряму причину високої зносостійкості. У перлітних сталях зносостійкість зростає в міру збільшення вмісту вуглецю і зменшення

міжпластинчастої перлітної відстані. Перліт складається з пластин фериту і карбіду заліза, що чергуються, відстань між пластинами змінюється залежно від температури його утворення в міру охолодження рейки після прокатки.

Зі збільшенням швидкості охолодження відстань між рейками перліту зменшується, отже, збільшується твердість, яка забезпечується в рейках із термічно обробленою головкою. Збільшення вмісту вуглецю викликає підвищення об'ємної частки карбідів заліза, вони тверді і мають тенденцію приймати орієнтацію, паралельну зі зношеною поверхнею.

Величина міжпластинчастої відстані впливає на спосіб деформації карбідних пластин у контакті кочення [1]. Товсті пластини карбідів (більше $101,6 \times 10^{-6}$ мм) мають тенденцію до руйнування у разі високих деформацій; в той час як тонкі пластини карбіду (менше $101,6 \times 10^{-6}$ мм) деформуються пластично, без руйнування [2].

Це підтверджено на практиці [3]: проаналізовано стандартну рейкову сталь (300 НВ), що має типову середню відстань між пластинами перліту близько $152,4 \times 10^{-6}$ мм, у той час як рейки із загартованою головкою мають типову відстань близько $76,2 \times 10^{-6}$ мм.

Таким чином, у перлітних сталях зносостійкість забезпечується завдяки високому вмісту вуглецю і малій відстані між пластинами перліту (що досягається за рахунок термічної обробки головки рейки) – факторів, які обидва підвищують твердість.

Виходячи з попередніх досліджень [4–6] встановлено, що виконання необхідних вимог стандарту EN 13674-1:2011 до категорії «R400HT» для рейок зі сталі марки K76Ф в умовах поточного виробництва неможливе.

Таким чином, необхідно розробити хімічний склад сталі та режими охолодження за термічної обробки для виготовлення залізничних рейок, що відповідають вимогам вітчизняного (ДСТУ 4344:2004) та європейського (EN 13674-1:2011) стандартів.

Мета роботи – дослідження кінетики розпаду переохолодженого аустеніту під час безперервного охолодження сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са для залізничних рейок нового покоління з підвищеними експлуатаційними властивостями з метою подальшого розроблення параметрів диференційованого охолодження.

Матеріали та методи дослідження

Дослідний хімічний склад сталі наведено в таблиці 1 [7].

Дослідження кінетики розпаду аустеніту проводилось із застосуванням диференціально-термічного аналізу. Зразки охолоджували з різними швидкостями, контроль температури виконували із застосуванням хромель-алюмінієвих термопар, установлених по центру зразка. Зразок розташовували горизонтально у випробувальній установці, контроль геометричних параметрів виконували із застосуванням високоточного дилатометра, що вимірює лінійне збільшення.

Таблиця 1

Хімічний склад дослідної сталі для залізничних рейок нового покоління, (ваг. частка, %)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	V	B	Ca
0,84	0,44	0,95	0,014	0,008	0,09	0,11	0,17	0,013	0,0012	0,01	0,0006

Побудова термокінетичної діаграми (ТКД) здійснювалася після охолодження з різними швидкостями дилатометричних зразків, нагрітих до температури 900 °С, близької до температури нагріву при загартуванні рейок. Після нагрівання до аустенітного стану зразки витримували протягом 5 хвилин та охолоджували з різними швидкостями (у різному охолоджувальному середовищі).

Мікроструктурні дослідження виконували із застосуванням оптичного (AxioVert 200M mat) та електронного (PEM-106) мікроскопів. Шліфи для металографії виготовляли посередині дилатометричних зразків із застосуванням електрохімічного полірування в розчині хромового ангідриду та крижаної оцтової кислоти, поверхню травили в 3 % спиртовому розчині HNO₃. Контроль

твердості за Віккерсом виконували з навантаженням 10 кг із витримкою 10 секунд. Кількість структурних компонентів визначали на мікроструктурних зображеннях із застосуванням програмного комплексу imageJ.

Результати досліджень

У процесі дослідження сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са визначили критичні точки $\alpha \rightarrow \gamma$ -перетворення при нагріві. Встановлено, що початок перетворення відбувається в точці з температурою ≈ 740 °С (A_{c1}), а кінець – за температури ≈ 835 °С (A_{cm}).

Для побудови ТКД зразки були нагріті до температури 900 °С (приблизно на ~ 50 °С вище за температуру A_{cm}).

На ТКД (рис. 1) біля кожної швидкості охолодження вказані значення твердості за Віккерсом і об'ємні частки структурних компонентів, виражені у відсотках. Аналіз діаграми показує, що температури початку та завершення утворення перліту та бейніту значно знижуються зі збільшенням швидкості охолодження. У разі збільшення швидкості охолодження спостерігається тенденція до збільшення значень твердості через структурні зміни, що відбуваються в сталі: збільшення дисперсності структурних складових, зменшення кількості перліту в структурі, збільшення об'ємної частки бейніту та мартенситу.

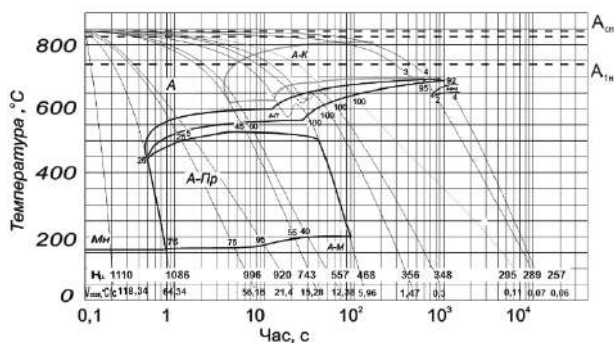


Рис. 1. Термокінетична діаграма розпаду переохолодженого аустеніту за безперервного охолодження сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са

За швидкостей охолодження 0,06...5,96 °С/с структура досліджуваної сталі складається з перліту (рис. 2, а-г). У міру збільшення швидкості охолодження

змінюється морфологія та збільшується дисперсність перліту: від середнього до сорбітоподібного. Слід зазначити, що за діапазону швидкості охолодження 0,06...0,07 °С/с з фериту утворюється цементит третинний.

За швидкості охолодження 5,96 °С/с та більше на дилатометричній кривій фіксується проміжне перетворення (рис. 2, д). У разі збільшення швидкості охолодження до 64,34 °С/с морфологія бейніту змінюється від верхнього до нижнього (рис. 2, е). У досліджуваній сталі повністю пригнічується утворення перліту за швидкості охолодження понад 12,38 °С/с. За швидкості охолодження 118,34 °С/с утворюється мартенсит та аустеніт залишковий.

У таблиці 2 показано, що у разі збільшення швидкості охолодження в діапазоні 0,06...5,96 °С/с співвідношення структурних компонентів не змінюється, але з рисунка 1 встановлено, що підвищується твердість, ймовірно, це відбувається через підвищення дисперсності перліту.

Таблиця 2

Фазовий склад дослідної сталі за різних швидкостей охолодження

Швидкість охолодження, °С/с	Структурний компонент, % об.				
	М + А зал.	Б	П	Ц	Ц _{III}
0,06	-	-	92	4	4
0,07	-	-	95	3	2
0,11	-	-	100	-	-
0,30	-	-	100	-	-
1,47	-	-	100	-	-
5,96	-	-	100	-	-
12,38	-	45	60	-	-
15,28	-	55	40	-	-
21,40	-	95	5	-	-
56,16	-	75	25	-	-
64,34	-	75	25	-	-
118,34	100	-	-	-	-

Примітка: М – мартенсит, А зал. – аустеніт залишковий, Б – бейніт, П – перліт, Ц – цементит, Ц_{III} – цементит третинний

Мікроструктура, що сформувалась за різних швидкостей охолодження, показана на рисунку 2.

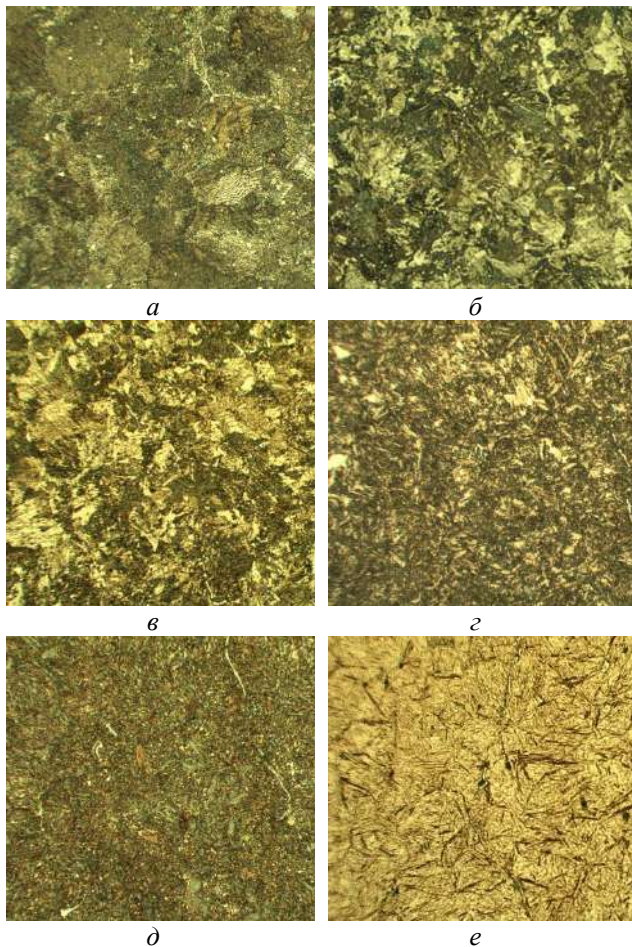


Рис. 2. Мікроструктура зразків сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са, що охолоджуються з різними швидкостями:
 а – 0,06 °С/с; б – 1,47 °С/с, в – 5,96 °С/с,
 г – 21,4 °С/с, д – 56,16 °С/с, е – 118,34 °С/с

У міру збільшення швидкості охолодження змінюється морфологія і підвищується дисперсність перліту: від тонкостінного до сорбітоподібного згідно з ГОСТ 8233 (рис. 3). Це викликає збільшення твердості (рис. 4, 5).

Оскільки збільшення швидкості охолодження спричиняє зменшення міжпластинчастої відстані, ці зміни зумовлюють збільшення твердості та міцності з постійним фазовим складом.

З діаграми видно, що за швидкості охолодження 5,96 °С/с твердість становить 468 НV (432 НВ), а структура не містить бейніту. За швидкості охолодження 1,47 °С/с твердість становить 356 НV (345 НВ).

Це трохи нижче мінімально допустимого значення (370НВ), але методом інтерполяції можна визначити, що швидкість

охолодження повинна бути не менше 2,5 °С/с для досягнення твердості щонайменше 393 НV (370 НВ).

Тобто у разі охолодження поверхні кочення рейки зі швидкістю 5,96 °С/с, центральних об'ємів головки рейки зі швидкістю не менше 2,5 °С/с можуть бути виготовлені високоміцні рейки категорій: вища (за ДСТУ 4344:2004) та R400HT (за EN 13674-1:2011) зі сталі з 0,84 %, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са.

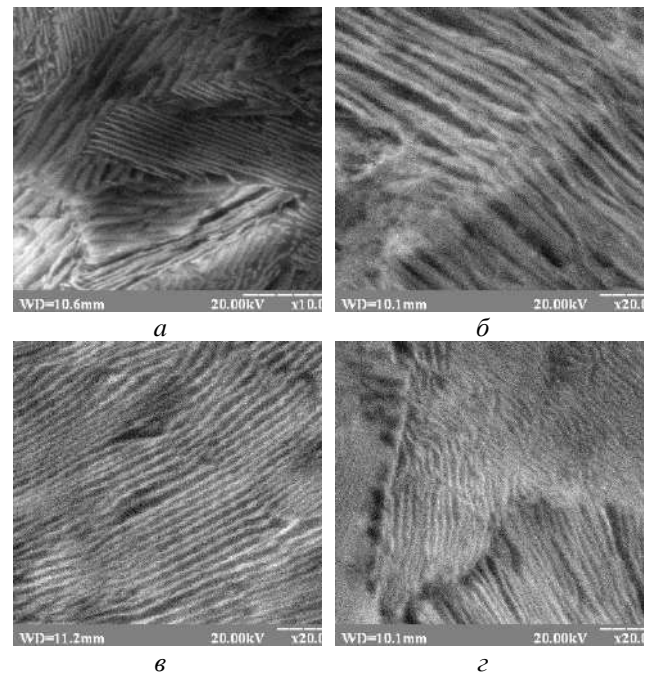


Рис. 3. Мікроструктура сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са, після охолодження зі швидкістю 0,07 °С/с (а) × 10 000, 0,3 °С/с (б), 1,47 °С/с (в), 5,96 °С/с (г) × 20 000

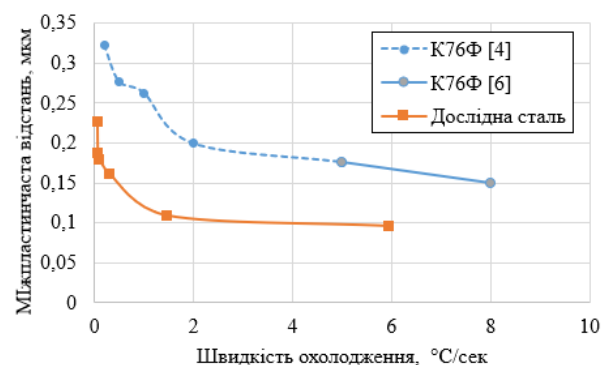


Рис. 4. Залежність міжпластинчастої відстані перліту від швидкості охолодження сталей К76Ф та дослідної сталі

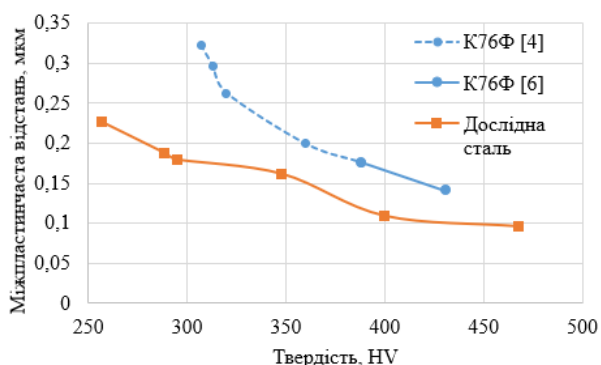


Рис. 5. Залежність твердості сталі K76Ф та досліджуваної сталі від міжпластинчастої відстані перліту

З результатів аналізу термокінетичної діаграми дослідної сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са встановлено, що можливе досягнення значення твердості вище 400 НВ без утворення структур проміжного перетворення для виготовлення високоміцних залізничних рейок категорії R400HT відповідно до EN 13674-1:2011.

Таким чином, за результатами досліджень встановлено необхідний інтервал швидкостей охолодження за термічної обробки головки рейки та доведено можливість отримання заданої

твердості при пластинчастій формі карбідів із дослідної сталі з умістом 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са.

Висновки

1. При реалізації раціональних режимів термообробки – охолодження поверхні катання рейок зі швидкістю до 5,96 °С/с, центральних об'ємів головки рейки зі швидкістю не менше 2,5 °С/с – можливе виготовлення високоміцних рейок категорій R400HT за EN 13674-1-2011 з дослідної сталі з умістом 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са.

2. Установлено закономірності кінетики розпаду аустеніту сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са.

3. З'ясовано закономірність зміни міжпластинчастої відстані перліту залежно від швидкості охолодження дослідної сталі з умістом 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са.

4. Визначено закономірність зміни твердості залежно від міжпластинчастої відстані перліту дослідної сталі з 0,84 % С, 0,44 % Si, 0,95 % Mn, 0,01 % В, 0,0006 % Са.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. H. de Boer et al. Naturally Hard Bainitic Rails with High Tensile Strength. *Stahl und Eisen*. Vol. 115, № 2. 1995. Pp. 93–98.
2. Jin N. Mechanical Properties and Wear Performance of Bainitic Steels. Ph. D. Thesis. Oregon Graduate Institute. Portland. OR. 1995.
3. Jin N., Clayton P. Effect of Microstructure on Rolling / Sliding Wear of Low Carbon Bainitic Steels. *Wear*. Vol. 202. 1997. Pp. 202–207.
4. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Хулін А. М. Дослідження кінетики розпаду аустеніту при безперервному охолодженні сталі K76Ф для рейок звичайних для залізниць широкої колії. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії: зб. наук. пр.* Дніпро: ІЧМ НАНУ, 2018. Т. 32. С. 317–327.
5. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Подольський Р. В. Імітаційне моделювання зміни теплового поля залізничної рейки під час диференційної термічної обробки. Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем: матер. VI міжнар. наук.-техн. конф. 2020. С. 17–18.
6. Babachenko O., Kononenko G., Podolskyi P. Development of a model for calculating changes in K76F rail steel temperature to determine the heat treatment parameters. *Science and Innovation*. 2021. № 17 (4). Pp. 25–32. URL: <https://doi.org/10.15407/scine17.04.025>
7. Babachenko O. I., Kononenko H. A., Podolskyi R. V., Safronova O. A. Steel for Railroad Rails with Improved Operating Properties. *Mater Sci*. 2021. Vol. 56. Pp. 814–819. URL: <https://doi.org/10.1007/s11003-021-00499-1>

REFERENCES

1. H. de Boer et al. Naturally Hard Bainitic Rails with High Tensile Strength. *Stahl und Eisen*. Vol. 115, no. 2, 1995, pp. 93–98.
2. Jin N. Mechanical Properties and Wear Performance of Bainitic Steels. Ph.D. Thesis. Oregon Graduate Institute. Portland. OR. 1995.

3. Jin N. and Clayton P. Effect of Microstructure on Rolling / Sliding Wear of Low Carbon Bainitic Steels. *Wear*. Vol. 202, 1997, pp. 202–207.

4. Babachenko O. I., Kononenko G. A. and Hulin A. M. *Doslidzhennja kinetiki rozpadu austenitu pri bezpererвному oholodzhenni stali K76F dlja rejok zvichajnih dlja zaliznic' shirokoї koliї* [Study of the kinetics of austenite decay during continuous cooling of K76F steel for common rails for broad-gauge railways]. *Fundamental'ni ta prikladni problemi chornoї metalurgii : zb. nauk. pr.* [Fundamental and Applied Problems of Ferrous Metallurgy : coll. of sc. papers]. Dnipro : IChM NANU Publ., 2018, vol. 32, pp. 317–327. (in Ukrainian).

5. Babachenko O.I., Kononenko G.A. and Podol'skij R.V. *Imitacijne modeljuvannja zmini teplovogopolja zaliznichnoї rejki pid chasdiferencijnoї termichnoї obrobki* [Simulation modeling of changes in the thermal field of a railway rail during differential heat treatment]. *Komp'juterne modeljuvannja ta optimizacija skladnih sistem : materialy VI mizhnarodnoї naukovo-tehnicnoї konferencii* [Computer Modeling and Optimization of Complex Systems: mater. VI International science and technology conf.]. 2020, pp. 17–18. (in Ukrainian).

6. Babachenko O., Kononenko G. and Podolskyi P. Development of a model for calculating changes in K76F rail steel temperature to determine the heat treatment parameters. *Science and Innovation*. 2021, no. 17 (4), pp. 25–32. URL: <https://doi.org/10.15407/scine17.04.025>

7. Babachenko O.I., Kononenko H.A., Podolskyi R.V. and Safronova O.A. Steel for Railroad Rails with Improved Operating Properties. *Mater Sci*. 2021, vol. 56, pp. 814–819. URL: <https://doi.org/10.1007/s11003-021-00499-1>

Надійшла до редакції : 12.09.2022.

УДК 504.5:629.33

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.14.886

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВСМОКТУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В РОБОЧИХ ЗОНАХ

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

¹ Кафедра гідравліки та водопостачання, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені Академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 273-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: berlov.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7442-0548

³ Кафедра аерогідромеханіки та енергомасопереносу, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 374-98-22, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2399-3124

⁴ Кафедра гідравліки та водопостачання, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені Академіка В. Лазаряна, 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 безпеки життєдіяльності, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (093) 725-16-82, e-mail: ztkelena@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2482-7574

Анотація. *Постановка проблеми.* Розглядається задача оцінювання ефективності використання всмоктувальної системи, що розташована біля автотраси та дозволяє зменшити рівень хімічного забруднення повітря в робочих зонах. Ця система змінює аеродинаміку повітряного потоку та створює динамічну перепону на шляху забрудненого повітря, що рухається в робочі зони. На етапі проектування систем захисту повітря від забруднення в робочих зонах потрібно мати розрахункові методи, що дозволяють визначити ефективність її для конкретних умов експлуатації. *Мета дослідження* – розроблення математичних моделей та програмного забезпечення для проведення обчислювального експерименту з визначення ефективності використання всмоктувальної системи, розташованої біля автотраси. *Методика.* Для математичного моделювання поширення забруднювальних речовин у робочих зонах біля автотраси та з використанням всмоктувальної системи захисту застосовується аеродинамічна модель потенціального руху та рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки в повітрі. Запропонована математична модель дає можливість урахувати швидкість вітру, турбулентну дифузію, інтенсивність викиду домішки від авто, режим роботи всмоктувальної системи, присутність екрану на цій системі. Для розв'язання задачі аеродинаміки використовуються дві скінченнорізницевої схеми, що дозволяють визначити потенціал швидкості за явною формулою. Для чисельного інтегрування рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки застосовується метод розщеплення. Розроблено комп'ютерну програму для проведення обчислювального експерименту на базі побудованих чисельних моделей. *Наукова новизна.* Розроблено чисельні моделі для розв'язання задач аеродинаміки та масопереносу стосовно проблеми оцінювання ефективності використання спеціальної всмоктувальної системи, що дозволяє зменшити рівень забруднення повітря в робочих зонах біля автотраси. *Практична значимість.* На базі розробленої моделі створено код, що дозволяє оперативно розраховувати процес забруднення повітря як біля автошляху, так і в робочих зонах, для захисту яких використовуються всмоктувальні системи. *Висновки.* Побудовані чисельні моделі дають змогу швидко оцінювати ефективність використання спеціальної всмоктувальної системи, що встановлюється біля автотраси. Моделі враховують найбільш суттєві фізичні фактори, які впливають на формування областей забруднення біля автотраси. Практичне застосування моделей не потребує потужних комп'ютерів. Наведено результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: забруднення повітря; всмоктувальна система; чисельне моделювання; викид від автотранспорту; робоча зона

ANALYSIS OF THE SUCTION SYSTEM EFFICIENCY FOR REDUCING THE LEVEL OF AIR POLLUTION IN WORKING AREAS

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

¹ Department of Hydraulics and Water Supply, Dniprovskiy National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (056) 273-15-09, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

^{2*} Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: berlov.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7442-0548

³ Department of Aerohydrodynamics and Energy Mass-transfer, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharina Ave., Dnipro, 49000, Ukraine, tel. +38 (056) 374-98-22, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2399-3124

⁴ Department of Hydraulics and Water Supply, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., 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 Life Safety, Oles Honchar Dnipro National University, 72, Haharina Ave., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (093) 725-16-82, e-mail: zltklena@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2482-7574

Abstract. Problem statement. The task of efficiency assessment for suction system located near the highway and allows reducing chemical air pollution level in work areas is considered. This system changes the air flow aerodynamics and creates a dynamic barrier in the path of polluted air moving into the working areas. At the stage of designing systems for protecting air from pollution in working areas, it is necessary to have calculation methods that allow determining its efficiency for specific operating conditions. **The purpose of the article.** Development of mathematical models and software for conducting a computational experiment to determine the efficiency of using the suction system located near the highway. **Methodology.** An aerodynamic model of potential movement and the equation of impurities convective-diffusion transfer in the air are used for mathematical modeling of the pollutants spread of in work areas near the highway during using a suction protection system. The proposed mathematical model makes it possible to take into account wind velocity, turbulent diffusion, the intensity of impurities' emission from cars, the operation mode of the suction system, the presence of screen on this system. Two finite-difference schemes are used to solve the aerodynamics problem, allowing determining the velocity potential by an explicit formula. The splitting method for the numerical integration of the impurities convective-diffusion transfer equation is used. A computer program for conducting a computational experiment based on the constructed numerical models is developed. **Scientific novelty.** Numerical models are developed for solving problems of aerodynamics and mass transfer in relation to the task of efficiency assessment of the special suction system using, which allows reducing the level of air pollution in work areas near the highway. **Practical value.** Based on the developed model, a code is created that allows the rapid calculation of the air pollution process, both near the highway and in the working areas where suction systems for protection is used. **Conclusions.** Created numerical models allow rapid assessment of using a special suction system installed near the highway. The models take into account the most significant physical factors affecting the pollution areas formation near the highway. Practical application of models does not require the use of powerful computers. The results of the computational experiment are presented.

Keywords: *air pollution; suction system; numerical modeling; emission from motor vehicles; working area*

Постановка проблеми. Зниження рівня забруднення в робочих зонах біля автотрас привертає до себе багато уваги останнім часом. Це пов'язано з тим, що викиди від автотранспорту містять значну кількість шкідливих речовин та безпосередньо впливають на здоров'я людей [1]. Тому в світі розробляються та удосконалюються системи, що дозволяють зменшити рівень хімічного забруднення повітря в робочих

зонах. Найбільш активно використовуються системи, що дозволяють за рахунок зміни аеродинаміки повітряного потоку зменшити кількість забруднювальних речовин, що поширюються в робочих зонах біля автотрас (екрани, бар'єри, які мають складну геометричну форму, щільна рослинність) [6–11]. Одним із методів зменшення концентрації домішки в робочих зонах біля автотрас стало використання

всмоктувальних систем [5; 11]. Такі системи дозволяють локально зменшити рівень хімічного забруднення біля автотраси.

У цій статті розглядається удосконалення всмоктувальної системи [5] за допомогою встановлення на ній додаткового екрана. Цей екран дозволяє зменшити рівень забруднення повітря біля автотраси.

Мета статті – розроблення математичних моделей для оцінювання ефективності використання спеціальної всмоктувальної системи, що встановлюється біля автотраси з метою зменшення рівня забруднення повітря в робочих зонах.

Методика. Для дослідження ефективності захисних бар'єрів застосовується метод математичного моделювання. Для аналізу закономірностей формування зон забруднення біля захисного бар'єра – метод фізичного моделювання.

Для дослідження ефективності використання всмоктувальної системи потрібно послідовно розв'язати наступні дві задачі:

1) розрахувати поле швидкості повітряного потоку біля всмоктувальної системи;

2) розрахувати поле концентрації домішки біля всмоктувальної системи.

Для розв'язання першої (задача аеродинаміки) використовується таке рівняння для потенціалу швидкості [2]:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

де P – потенціал швидкості, на базі якого розраховується поле швидкості повітряного потоку.

Граничні умови для рівняння (1) розглянуті в [2; 3].

Розрахунок компонент поля швидкості повітряного потоку здійснюється на базі таких залежностей:

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, v = \frac{\partial P}{\partial y}.$$

Для розв'язання рівняння для потенціалу швидкості використовуються дві чисельні моделі. Перша має вигляд [4]:

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

На базі цієї залежності явно розраховується потенціал швидкості в розрахунковій області.

Друга чисельна модель базується на розщепленні моделювального рівняння на два кроки [4]:

– перший крок розщеплення:

$$\frac{P_{i,j}^{n+1/2} - P_{i,j}^n}{0,5\Delta t} = \frac{P_{i+1,j}^n - P_{i,j}^n}{\Delta x^2} + \frac{-P_{i,j}^{n+1/2} + P_{i-1,j}^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1}^n - P_{i,j}^n}{\Delta y^2} + \frac{-P_{i,j}^{n+1/2} + P_{i,j-1}^{n+1/2}}{\Delta y^2};$$

– другий крок розщеплення:

$$\frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1/2}}{0,5\Delta t} = \frac{P_{i+1,j}^{n+1/2} - P_{i,j}^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \frac{-P_{i,j}^{n+1/2} + P_{i-1,j}^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1}^{n+1/2} - P_{i,j}^{n+1/2}}{\Delta y^2} + \frac{-P_{i,j}^{n+1/2} + P_{i,j-1}^{n+1/2}}{\Delta y^2}.$$

На кожному кроці розщеплення потенціал швидкості знаходиться за явною формулою. Розрахунок значення потенціалу швидкості здійснюється в коді послідовно, за кожною чисельною моделлю для контролю стійкості розрахунку.

Компоненти вектора швидкості повітряного потоку в розрахунковій області визначаються так:

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

Здійснено побудову комп'ютерної моделі аеродинаміки на базі розглянутих різницевих схем для розрахунку поля швидкості повітряного потоку з використанням вентилятора, що має два всмоктувальних вікна та додатковий екран Т-подібної форми. Комп'ютерна модель вправує:

1) вплив корпусу авто на формування поля швидкості повітряного потоку біля всмоктувальної установки;

2) розташування на всмоктувальному пристрої додаткового екрана Т-подібної форми, що використовується для локальної зміни напрямку повітряного потоку біля вентиляційного пристрою (потрібно підкреслити, що наявність такого екрана різко змінює кривизну ліній потоку, внаслідок чого ряд різницевих схем втрачають стійкість і проводити моделювання неможливо);

3) нерівномірний профіль швидкості повітряного потоку на вході в розрахункову область (модель Швець – Юдіна) [3]:

$$u = u_1 \left(\frac{\lg \frac{z}{z_0}}{\lg \frac{z_1}{z_0}} \right),$$

де u_1 – швидкість вітру на висоті z_1 , z_0 – шорсткість.

Для моделювання процесу поширення домішки в робочих зонах під час роботи всмоктувальної системи використовується таке рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки [2; 3; 5]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \\ + \sum_{i=1}^N Q_i \delta(x-x_i) \delta(y-y_i), \end{aligned} \quad (2)$$

де C – концентрація домішки, u, v – компоненти вектора швидкості; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коефіцієнти турбулентної дифузії; Q_{Si} – інтенсивність емісії $[CO]$ від авто; $\delta(x-x_i)(y-y_i)$ – дельта-функція Дірака; (x_i, y_i) – координати розташування джерела емісії; t – час.

Для побудови різницевої схеми з метою розв’язання рівняння (2) виконується таке його розщеплення:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = 0,$$

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

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \sum_{i=1}^N Q_i \delta(x-x_i) \delta(y-y_i).$$

Перше рівняння з цієї системи – це рівняння конвективного переносу, друге – рівняння дифузії, третє – рівняння, що показує зміну концентрації домішки внаслідок дії джерела емісії.

Схема розщеплення для рівняння конвективного переносу записується так [2]:

– на першому кроці розщеплення різницеве рівняння має вигляд:

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

– на другому кроці розщеплення різницеве рівняння має вигляд:

$$\frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j}^k}{\Delta t} + L_x^- C^{n+1} + L_y^- C^{n+1} = 0.$$

Невідоме значення C в кожному рівнянні визначається за формулою «рахунку, що біжить».

Для чисельного інтегрування рівняння дифузії використовується схема розщеплення. Ця двоетапна різницева схема розщеплення має вигляд [4]:

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

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

На базі розробленої чисельної моделі створено код, мова програмування – FORTRAN.

До складу коду входять:

– VT.DAT – файл початкових даних (інформація щодо розмірів розрахункової області, форми всмоктувального пристрою, форма екрана, швидкість повітряного потоку тощо);

– VN1 – підпрограма типу «SUBROUTINE» для розрахунку поля потенціалу швидкості на базі першої чисельної моделі;

– VN2 – підпрограма типу «SUBROUTINE» для розрахунку поля потенціалу швидкості на базі другої чисельної моделі;

– VT3 – підпрограма типу «SUBROUTINE» для розрахунку поля швидкості повітряного потоку;

– VTT3 – підпрограма типу «SUBROUTINE» для розрахунку концентрації домішки в області дослідження.

Результати. Нижче на рисунках показано розв’язання задачі з визначення ефективності використання захисної системи «всмоктувач + Т-подібний екран».

На рисунку 1 показано схему розрахункової області. Всмоктувальна система має два віконця, крізь які в систему потрапляє забруднене повітря. На даху системи розташований екран, що додатково змінює аеродинаміку потоку.

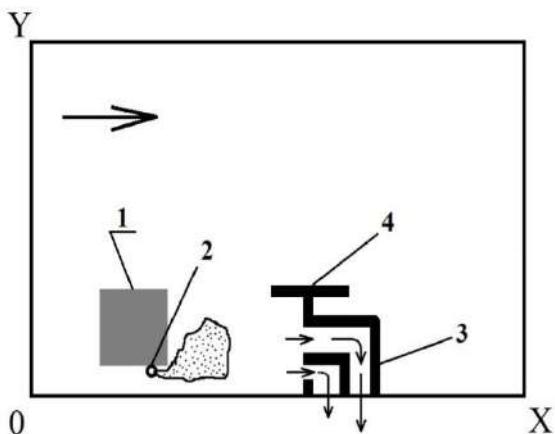


Рис. 1. Розрахункова схема: 1 – корпус авто; 2 – місце викиду хімічно небезпечної речовини; 3 – всмоктувальна система; 4 – Т-подібний екран

Розрахунок здійснювався за таких параметрів: $u_1 = 2$ м/с, $z_1 = 1$ м, $z_0 = 0,2$ см, швидкість повітря у всмоктувальних

отворах 5 м/с, висота кожного отвору 0,3 м, висота Т-подібного екрана 0,6 м, довжина горизонтальної частини екрана 0,6 м; інтенсивність емісії CO 1 г/с. Розміри розрахункової області $7,5 \times 6$ м.

На рисунку 2 показано поле концентрації CO в розрахунковій області. Значення концентрації показано у відсотках від максимального значення $C_{max} = 0,15$ г/м³ (на рис. 2 цій точці відповідає маркер «99»). Друк чисел здійснено у форматі «INTEGER», тобто без друку дробної частини числа.

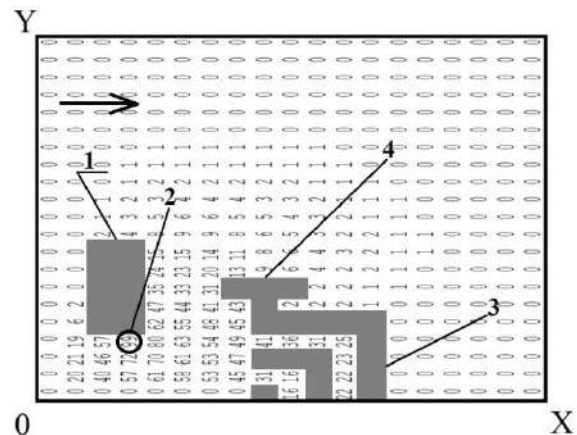


Рис. 2. Поле концентрації CO ($C_{max} = 0,15$ г/м³): 1 – корпус авто; 2 – місце викиду хімічно небезпечної речовини; 3 – всмоктувальна система; 4 – Т-подібний екран

Як можна бачити з рисунка 2, основна область забруднення формується перед всмоктувальною системою, а наявність екрана на цій системі не дає можливості забруднювачу інтенсивно рухатися в робочу зону.

Далі, на рисунку 3 показано розподіл концентрації CO в робочій зоні, за всмоктувальною системою на висоті $y = 1,7$ м. Точці « $x = 0$ » відповідає положення всмоктувальної системи.

На цьому рисунку значення концентрації наведено для трьох сценаріїв:

1) всмоктувальна система відсутня, тобто є лише авто, що викидає відому кількість домішки в повітря;

2) працює всмоктувальна система, але Т-подібний екран відсутній;

3) працює всмоктувальна система сумісно з Т-подібним екраном.

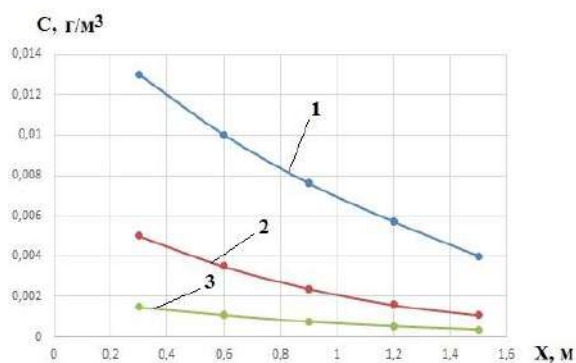


Рис. 3. Концентрація CO за всмоктувальною системою: 1 – всмоктувальна система відсутня; 2 – працює всмоктувальна система, але Т-подібний екран відсутній; 3 – працює всмоктувальна система сумісно з Т-подібним екраном

Як можна бачити з рисунку 3, використання всмоктувальної системи сумісно з Т-подібним екраном дозволяє суттєво зменшити рівень забруднення повітря в робочій зоні. Так, порівняно з першим сценарієм, тобто за відсутності взагалі системи захисту, на довжині 0,3 м, концентрація зменшилася за наявності екрана практично у 8 разів, а порівняно з другим сценарієм – майже утричі. Також можна бачити таку закономірність: характер зміни концентрації у разі використання екрана – більш «повільна» та «плавна».

Здійснено обробку даних обчислювального експерименту та отримано наступну математичну модель для оперативного розрахунку концентрації домішки в робочій зоні, якщо працює всмоктувальна система сумісно з Т-подібним екраном. Побудована модель має вигляд:

$$C = 0,0004x^2 - 0,0017x + 0,002,$$

де x – довжина від всмоктувального пристрою.

Для практичного застосування цієї моделі не потрібен персональний комп'ютер, що дозволяє широко використовувати її у проведенні «пілотних»

розрахунків на етапі ескізного проектування.

Значимо, що час розрахунку складає 5 секунд.

Наукова новизна та практична цінність. Запропоновано математичні моделі для розрахунку аеродинаміки повітряного потоку та масопереносу домішки в робочих зонах, розташованих біля автотраси. Моделі дають можливість визначати рівень забруднення повітря в робочих зонах під час роботи спеціальної всмоктувальної системи. Розроблені моделі враховують найбільш суттєві параметри, що впливають на формування областей забруднення в робочих зонах (профіль швидкості вітру, корпус авто, турбулентну дифузію, інтенсивність викиду домішки).

Розроблено комп'ютерну програму, що презентує результати обчислювального експерименту у вигляді, зручному для швидкого аналізу ефективності використання всмоктувальної системи, що працює на зменшення кількості домішки в робочій зоні.

Висновки.

1. Розроблено чисельні моделі для оперативного розрахунку областей хімічного забруднення повітря в робочих зонах біля автотраси з урахуванням роботи спеціальної всмоктувальної системи.

2. Результати розрахунку, отримані на базі розроблених чисельних моделей, показали, що запропонована система всмоктування, яка містить додатковий елемент у вигляді Т-подібного екрана, дозволяє зменшити рівень хімічного забруднення повітря в робочих зонах.

3. Запропонована емпірична модель для швидкого розрахунку рівня хімічного забруднення повітря в робочих зонах із використанням системи захисту «всмоктувач + Т-подібний екран».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Черниченко І. О., Першегуба Я. В., Литвиненко О. М., Швагер О. В. Особливості формування канцерогенного ризику для населення, що проживає в зоні впливу автомагістралі. *Збірник наукових праць*. 2010. Вип. 56. С. 159–167.
2. 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.

3. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. Москва : Наука, 1982. 320 с.
4. Самарский А. А. Теория разностных схем. Москва : Наука, 1983. 616 с.
5. Biliaiev M., Pshinko O., Rusakova T., Biliaieva V., Sladkowski A. Application of Local Exhaust Systems to Reduce Pollution Concentration near the Road. *Transport Problems*. Vol. 15, iss. 4, part 1. 2020. Pp. 137–148. DOI: 10.21307/tp-2020-055.
6. Brolin N. Development of Curved Noise and NO_x Barrier. Digitala Vetenskapliga Arkivet. 2010. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:444437/FULLTEXT01.pdf>.
7. Brantley, Halley L., Hagler, Gayle S. W., Deshmukh, Parikshit J., Baldauf, Richard W. Field Assessment of the effects of Roadside Vegetation on Near Road Black Carbon and Particulate Matter. *Science of The Total Environment*. 2014. Pp. 468–469. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1240&context=usepapers>.
8. Hagler G. S. W. Model evaluation of roadside barrier impact on near-road air pollution. *Atmospheric Environment*. 2011. Vol. 45 (15). Pp. 2522–2530. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.02.030>.
9. Heist D. et al. Estimating near-road pollutant dispersion: A model inter-comparison. *Transportation Research. Part D: Transport and Environment*. 2013. Vol. 25. Pp. 93–105. URL: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=516154&Lab=NERL.
10. Jeong S. J. Effect of Double Noise-Barrier on Air Pollution Dispersion around Road, Using CFD. *Asian Journal of Atmospheric Environment*. 2013. Vol. 8 (2). Pp. 81–88. URL: <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201420947475958.pdf>.
11. Wonsik C., Shishan Hu, Meilu He, Kozawa K. Spatial Heterogeneity of Roadway Pollutant in Los Angeles. URL: http://www.aqmd.gov/docs/default-source/technologyresearch/TechnologyForums/near-road-mitigationmeasures/near_road_mitigation-agenda-presentations.pdf

REFERENCES

1. Chernychenko I.O., Pershehuba Ya.V., Lytvynenko O.M. and Shvaher O.V. *Osoblyvosti formuvannia kantserohennoho ryzyku dlia naseleння, shcho prozhyvaie v zoni vplyvu avtomahistrali* [Features of carcinogenic risk formation for the population living in the zone of influence of the highway]. *Zbirnyk naukovykh prats'* [Collection of Scientific Works]. 2010, vol. 56, pp. 159–167. (in Ukrainian).
2. Zgurovskiy M.Z., Skopetskiy V.V., Khrushch V.K and Belyaev N.N. *Chislennoye modelirovaniye rasprostraneniya zagryazneniya v okruzhayushchey srede* [Numerical modeling of pollution spreading in the environment]. Kyiv : Naukova Dumka Publ., 1997, 368 p. (in Russian).
3. Marchuk G.I. *Matematicheskoye modelirovaniye v probleme okruzhayushchey sredy* [Mathematical modeling in the environmental problem]. Moscow : Nauka Publ., 1982, 320 p. (in Russian).
4. Samarskiy A.A. *Teoriya raznostnykh skhem* [The theory of difference schemes]. Moscow : Nauka Publ., 1983, 616 p. (in Russian).
5. Biliaiev M., Pshinko O., Rusakova T., Biliaieva V. and Sladkowski A. Application of Local Exhaust Systems to Reduce Pollution Concentration near the Road. *Transport Problems*. 2020, vol. 15, iss. 4, part 1, pp. 137–148. DOI: 10.21307/tp-2020-055.
6. Brolin N. Development of Curved Noise and NO_x Barrier. Digitala Vetenskapliga Arkivet. 2010. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:444437/FULLTEXT01.pdf>
7. Brantley, Halley L., Hagler, Gayle S.W., Deshmukh, Parikshit J. and Baldauf Richard W. Field Assessment of the effects of Roadside Vegetation on Near Road Black Carbon and Particulate Matter. *Science of The Total Environment*, 2014, pp. 468–469. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1240&context=usepapers>.
8. Hagler G.S.W. Model evaluation of roadside barrier impact on near-road air pollution. *Atmospheric Environment*. 2011, vol. 45 (15), pp. 2522–2530. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.02.030>.
9. Heist D. et al. Estimating near-road pollutant dispersion: A model inter-comparison. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2013, vol. 25, pp. 93–105. URL: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=516154&Lab=NERL
10. Jeong S.J. Effect of Double Noise-Barrier on Air Pollution Dispersion around Road, Using CFD. *Asian Journal of Atmospheric Environment*. 2013, vol. 8 (2), pp. 81–88. URL: <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201420947475958.pdf>
11. Wonsik C., Shishan Hu, Meilu He, Kozawa K. Spatial Heterogeneity of Roadway Pollutant in Los Angeles. URL: http://www.aqmd.gov/docs/default-source/technologyresearch/TechnologyForums/near-road-mitigationmeasures/near_road_mitigation-agenda-presentations.pdf

Надійшла до редакції: 03.09.2022.

УДК 699.81.614:536.21

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.21.887

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
САНЬКОВ П. М.², *канд. техн. наук, проф.*,
ШАЛОМОВ В. А.^{3*}, *канд. техн. наук, доц.*,
ДЗЮБАН О. В.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра архітектури, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 149-85-41, e-mail: petsankov5581@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0898-7992

^{3*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 086-17-45, e-mail: dziuban.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6279-346X

Анотація. Постановка проблеми. Одне із завдань забезпечення безпеки людей – дослідження у містобудівній акустиці в межах реальних ситуацій, що виникають у містах у процесі їх розвитку та підвищення рівня автомобілізації населення. Згідно з проведеним аналізом визначено, що зростаюча кількість авто у містах спричинює збільшення шуму, але сучасні автомобілі стали «тихіші», особливо електроавтомобілі. На селитебній території міст найбільш потужними джерелами шуму, який частіше зустрічається, стали транспортні потоки магістральних вулиць. Крім того, діє ціла система джерел транспортного шуму, а саме вулиці різного призначення, стоянки, різнорівневі розв'язки автомагістралей, станції технічного обслуговування автомобільного транспорту та ціла низка громадських будівель та споруд, які обслуговуються різноманітним громадським чи іншими видами транспорту. **Мета статті** – оцінення шумового забруднення магістральних вулиць та визначення ефективності шумозахисту у конкретній шумовій ситуації з урахуванням застосування захисних засобів. **Висновок.** Збільшення кількості легкових автомобілів у містах змушує вживати різних заходів. Наприклад, збільшувати кількість смуг руху, але цей спосіб не завжди можливий. Нова розмітка – це фактичне звернення до колишніх вимог, дозволить заощадити величезні кошти. Досвід Києва, Дніпра, Харкова та інших міст України дозволяє лише на якийсь час вирішити проблеми, пов'язані з автомобілізацією великих міст. Для полегшення побудови карт шуму житлової забудови та збільшення точності результатів пропонується зразок для побудови карт шуму житлової забудови. Це дозволяє, у свою чергу, отримувати порівнянні результати та здійснювати експерименти щодо будь-якого прийому забудови примігстральної території.

Ключові слова: шумове забруднення; автотранспорт; магістральні вулиці; акустика; рівень звуку; безпека життєдіяльності

TO THE ISSUE OF NOISE POLLUTION ASSESSMENT FOR HIGHWAYS

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
SANKOV P.M.², *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*,
SHALOMOV V.A.^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
DZYUBAN O.V.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Architecture, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (050) 149-85-41, e-mail: petsankov5581@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0898-7992

^{3*} Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴Department of Construction Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: dziuban.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6279-346X

Abstract. Problem statement. One of the challenges for ensuring people's safety is to investigate within urban acoustics the real situations that arise in cities as the population develops and becomes more motorised. According to the analysis, it was determined that the growing number of cars in cities leads to an increase in noise, on the one hand, but modern cars have become “quieter”, especially electric cars. In the residential areas of cities, the most powerful sources of noise, more frequently occurring, are the traffic flows of main streets. In addition, there is a whole system of traffic noise sources, namely streets of various purposes, parking lots, interchanges of highways, service stations for automobile transport, and a number of public buildings and structures that are served by various public or other types of transport. **The purpose of this article.** Assessment of noise pollution on main streets and determination of the noise protection effectiveness in a specific situation, taking into account the use of protective equipment. **Conclusions.** The increasing number of cars in cities is forcing a variety of measures. For example, to increase the number of traffic lanes, but this method is not always possible. The new markings are actually a reversal of previous requirements and will save huge amounts of money. The experience of Kyiv, Dnipro, Kharkiv and other cities of Ukraine allows us to solve problems related to motorization of large cities only for a while. To facilitate the construction of noise maps of residential construction and increase the accuracy of the results, a sample for construction of noise maps of residential construction is offered. This, in turn, makes it possible to obtain comparable results and carry out experiments regarding any method for construction of the main highway territory.

Keywords: noise pollution; motor vehicles; highways; acoustics; sound level; life safety

Постановка проблеми. Наразі одним із завдань забезпечення безпеки людей стало дослідження у містобудівній акустиці в межах реальних ситуацій, що виникають у містах у процесі їх розвитку та підвищення рівня автомобілізації населення. Згідно з проведеним аналізом визначено, що зростаюча кількість авто у містах спричинює збільшення шуму, хоча сучасні автомобілі стали «тихіші», особливо електроавтомобілі.

Аналіз публікацій. Велика кількість легкових автомобілів потребує відповідних шляхів просування містом. Побудовані раніше вулиці не виконують необхідних завдань. Їх вирішення можна подати у вигляді лінійної щільності: в середньому 2,2–2,4 км/км². Внаслідок нерівномірності розподілу транспортної роботи щільність мережі магістральних вулиць різна за зонами міста: центральна (5–7 % території) – 3,5–4,5 км/км²; середня (25–30 %) – 2,5–3 км/км² та периферійна (63–70 % території) – 1,5–2 км/км². Існує й потужність магістральної мережі на підходах до центрального району, яка виражається кількістю смуг руху на 100 тис. жителів. У великих містах вона має становити 1...1,5 смуг руху, у багатомільйонних – 0,5...0,7 смуг [1–3].

Мета дослідження – зменшення негативного впливу шуму на працівників та населення, яке проживає на приміагістральних територіях міст, шляхом установлення залежностей еквівалентних рівнів шуму від складу транспортного потоку і конструктивно-планувальних рішень у житловій забудові, що має велике значення в галузі охорони праці та безпеки життєдіяльності населення.

Результати досліджень. У зв'язку зі збільшенням кількості автомобільного транспорту особливий інтерес становлять можливі межі очікуваної інтенсивності руху автомобілів магістральними вулицями різних міст і можливі рівні шуму цих транспортних потоків. Скористаємося такою формулою для визначення очікуваного рівня шуму:

$$L_{A_{екв}} = 44,4 + 0,268V + 10\lg(N_E/V) + \sum\Pi, \quad (1)$$

де V – середня швидкість транспортного потоку на перегоні, км/год. Для наших розрахунків прийматимемо $V = 60, 40$ і 30 км/год., тобто найбільш імовірні швидкості руху потоку транспорту на перегоні міських вулиць та доріг; N_E – наведена за звуковою енергією інтенсивність руху, авт./год., що визначається за формулою:

$$N_E = N_{Л} + 4N_K + 8N_D, \quad (2)$$

де $N_{Л}$ N_K та N_D – інтенсивність руху авто/год, відповідно легкового та вантажного транспорту; $\Sigma П$ – сума поправок. Їх мінімальне значення дозволяє не брати до уваги цей показник на перших стадіях проектування.

Розрахунки зручно здійснювати за класами еквівалентних рівнів звуку (ЕРЗ) як магістральних вулиць районного (МВР) та

міського (МВМ) значень. Наприклад, до класу 75 дБА відносять МВР та МВМ з ЕРЗ від 72,5 до 77,4 дБА. Такі ухвалені умови значно спрощують розрахунки.

Визначимо очікувані рівні шуму на магістральних вулицях низки великих міст із змінною інтенсивністю та середньою швидкістю руху автопотоків для найімовірніших умов руху. Отримані дані наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Витяг із розрахункових показників шуму магістральних вулиць різної щільності в сучасних містах за інтенсивності руху 1 000 та 6 000 авто/год.

N, авто/год.	Інтенсивність руху за видами транспорту, авто/год			Сумарна наведена ΣN_E	Середня швидкість руху потоку V, км/год	$\frac{N_E}{V}$ (5/6)	$10 \lg \frac{N_E}{V}$	0,263V	$L_{A_{\text{не}}} = 44,4 + 0,263V + 10 \lg \frac{N_E}{V}$ дБА
	Легкові $L = a \cdot N$	Вантажні							
		карбюраторні $B_k = b \cdot N$	дизельні $B_d = b \cdot N$						
1000	600	4*200	8*200	3 000	60	50,00	16,99	16,08	78,0
	600	4*300	8*100	2 600	60	43,33	16,37	16,08	76,85
	600	4*350	8*50	2 400	60	40,00	16,02	16,08	76,5
6000	5 000	4*500	8*500	11 000	60	183,33	22,63	16,08	83,11
	5 000	4*700	8*300	10 200	60	170,00	22,30	16,08	82,78
	5 000	4*900	8*100	9 400	60	156,66	21,95	16,08	82,44
1000	600	4*200	8*200	3 000	40	75,00	18,75	10,72	73,87
	600	4*300	8*100	2 600	40	65,00	18,12	10,72	73,24
	600	4*350	8*50	2 400	40	60,00	17,78	10,72	72,90
6000	5 000	4*500	8*500	11 000	40	275	24,39	10,72	79,51
	5 000	4*700	8*300	10 200	40	255	24,07	10,72	79,19
	5 000	4*900	8*100	9 400	40	235	23,71	10,72	78,83

Розглядаючи прийняті крайні умови руху, зазначимо, що за середньої швидкості руху потоку автомобілів близько 60 км/год розрахункові рівні шуму магістральних вулиць не перевищують клас 75–85 дБА, за середньої швидкості руху потоку близько 40 км/год розрахункові рівні шуму магістральних вулиць дорівнюють 70–80 дБА. Додамо, що за інтенсивності руху автомобілів близько 500 авто/год. і швидкості руху потоку близько 60 км/год. величина $L_{A_{\text{екв}}}$ 70–75 дБА (клас рівнів звуку), за $V = 40$ км/год. величина $L_{A_{\text{екв}}}$ 70 дБА, а за $V = 30$ км/год. величина $L_{A_{\text{екв}}}$ магістральних вулиць досягає класів 65–70 дБА [4; 5].

Наведені на рисунку 1 графіки показують, як змінюються рівні шуму багатьох магістральних вулиць різних міст зі зміною рівня автомобілізації, що визначає, по суті, кількість автомобілів на різних магістральних вулицях. Швидше за все, у перспективі рівень шуму магістральних вулиць не перевищить класу

85 дБА, а мінімальний клас рівнів шуму магістральних вулиць не перевищить класу 70–75 дБА.

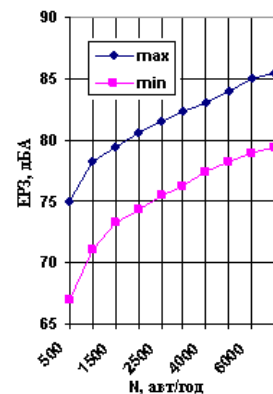


Рис. 1. Очікувані рівні шуму магістральних вулиць, сучасних великих та найбільших міст

Особливість підходу полягає у тому, що ми виходимо з обліку шуму сучасних автомобілів, які стали помітно тихішими за автомобілів минулих років. Проте рівень шуму на магістральних вулицях в окремих випадках за особливих умов руху може досягти 90 дБА. Тоді рівень шумового

забруднення основних джерел шуму у містах може бути таким (табл. 2).

Таблиця 2

Рівень шумового забруднення основних джерел шуму у містах

№ з/п	Характеристика зон за ступенем шумового забруднення (ш. з.) повтряного басейну і навколишнього середовища	Значення показника, дБА
1	Особливо небезпечного ш. з.	90
2	Дуже небезпечного ш. з.	85
3	Небезпечного ш. з.	80
4	Сильного ш. з.	75
5	Значного ш. з.	70
6	Великого ш. з.	65
7	Помірного ш. з.	60
8	Малого ш. з.	55
9	Незначного ш. з.	50
10	Слабкого ш. з.	45
11	Дуже слабкого ш. з.	40
12	Відсутність ш. з.	35

У період із травня по вересень шумовий режим магістральних вулиць міста зростає. Зазначимо, що «максимальний» (за рівнями шуму в дБА) шумовий режим спостерігається у п'ятницю ввечері, коли люди виїжджають у масі на садово-дачні ділянки в приміську зону. Вдень ми спостерігаємо досить високі рівні шуму, крім відносного затишшя з 11- до 13-ї години. Мінімальні рівні шуму спостерігаються з 23-ї до 3-4-ї ранку. Вони відповідають різкому зниженню інтенсивності руху автомобілів. Найбільш «шумний» період, коли люди виїжджають на заміський відпочинок. Найтихіший день у місті – неділя.

Збільшення довжини та щільності першої лінії забудови може помітно змінити показники акустичного дискомфорту та річного економічного збитку. Тому дуже важливо правильність прийнятого рішення підтверджувати аналітичними дослідженнями варіантів, що дозволяє робити запропонована методика. Помітно можуть змінюватись показники проєкту залежно від прийнятого рішення.

Важливо мати характеристику всіх основних джерел шуму, починаючи з генерального плану міста та з основних рішень районного планування. Краще мати

матеріали параметрів усіх систем джерел шуму на всіх стадіях проєктування та систем об'єктів шумозахисту, яка в кінцевому підсумку захищає людей від зовнішнього міського шуму. Облік на усіх стадіях проєктування чинника шуму (здійснення боротьби з шумом) приносить помітний економічний і соціальний ефекти. Числове значення шкоди або ефекту від шумового забруднення досить просто визначити за запропонованою нами методикою, використовуючи такі критерії:

1. Санітарні норми допустимого шуму на території міста (передмістя), на території забудови житлових районів та мікрорайонів, у житловій забудові та громадських будівлях.

2. Коефіцієнти акустичного комфорту η_T (дискомфорту ψ_T) території, периметра споруд η_C та ψ_C , житлових будинків η_B та ψ_B :

$$\eta_T = \frac{F_K}{F}; \eta_C = \frac{P_K}{P}; \eta_B = \frac{H_K}{H}; \psi_T = \frac{F_D}{F};$$

$$\psi_C = \frac{P_D}{P}; \psi_B = \frac{H_D}{H}, \quad (3)$$

де F – площа території, що розглядається, км² (га); F_K , F_D – площа території, що перебуває відповідно у зоні акустичного комфорту чи дискомфорту, км² (га); P – периметр розглянутого будинку або будівель, м; P_K , P_D – периметр будинку чи споруд, що у зоні акустичного комфорту чи дискомфорту, м; H – кількість жителів, які проживають на розглянутій території або в житлових будинках, осіб; H_K , H_D – те ж саме відповідно в умовах комфорту або дискомфорту, осіб.

3. Інтегральний показник соціальної небезпеки τ , який враховує кількість людей H_i , що піддаються впливу шуму різного класу (рівня):

$$\tau = \sum_1^n \tau_i H_i, \quad (4)$$

де τ_i – коефіцієнт соціальної небезпеки для i -ї території (зони) з населенням H та рівнем звуку $L_{Aeq,i}$:

$$\tau_i = 0,04(L_{Aeq,i} - 55). \quad (5)$$

4. Критерій соціальної ефективності шумозахисних заходів:

$$\Delta\tau = \frac{\sum_1^n \tau - \sum_1^m \tau}{\sum_1^n \tau} \cdot 100, \quad (6)$$

де n та m – ситуація до та після проведення шумозахисних заходів.

5. Величина річних економічних збитків Y_0 через шумове забруднення міського середовища, тис. грн.

6. Величина річного попередженого економічного збитку:

$$P = Y_0 - Y. \quad (7)$$

7. Величина річного економічного ефекту:

$$E = P - Z = (Y_0 - Y) - (C + 0,12K), \quad (8)$$

де Y_0 та Y – величини річної економічної шкоди від шумового забруднення до та після вжиття заходів щодо шумозахисту, тис. грн; C – річні експлуатаційні витрати, тис. грн.; K – капітальні витрати з шумозахисту, тис. грн.

8. Критерій пріоритетності реалізації заходів Π_i щодо зниження рівня шуму, в основу якого покладено затвержені економічні збитки або річний економічний результат P_i на i -й території та величина наведених витрат B_i на реалізацію цільових шумозахисних заходів:

$$\Pi_i = \frac{P_i - B_i}{\sum F_{o,i}} \rightarrow \max, \quad (9)$$

де $F_{o,i}$ – сумарна наведена загальна площа житлових будинків (m^2) на i -й території:

$$B_i = C + 0,12K \rightarrow \min. \quad (10)$$

Сучасний стан шумового режиму міст різної величини описується рівнянням регресії виду $Y = a_0 + a_1x + a_2x^2$.

Понад половина (54,8–86,5 %) у балансі шумового забруднення міських територій та споруд різних міст припадає на шум магістральних вулиць та шумове забруднення приміагістральних територій. Дуже часто шум інших джерел у містах маскується.

Сьогодні у багатьох містах різних країн рівень автомобілізації населення становить 300–600 авто/1000 жителів. Зростає кількість автомобілів у містах України. У Дніпрі нині спостерігається понад 250 авто/1 000 жителів, а в 2022 році цей показник досягне 300 авто/1 000 жителів. У зв'язку з цим у Дніпрі виникне проблема пропускної спроможності системи магістральних вулиць міст та різко позначиться проблема шуму міських доріг та вулиць, зашумленості приміагістральних територій, безпеки руху автомобілів та пішоходів.

Сьогодні на більшості магістральних вулиць загальноміського значення середня швидкість потоку не перевищує 50–60 км/год (за кількості вантажного та громадського транспорту в потоці близько 40 %, на магістральних вулицях районного значення – відповідно близько 40 км/год та 30 % вантажного та громадського транспорту) [6].

Аналіз показує, що розрахункові рівні звуку магістральних вулиць зростають із збільшенням чисельності населення міста та рівня його автомобілізації. Приріст рівнів звуку досягає 7–12 дБА. Різниця між усередненими показниками рівнів звуку та між рівнями звуку магістральних вулиць міського та районного значення дорівнює орієнтовно (2,5–7,5 дБА) одному класу – 5 дБА.

Вивчення шумового режиму багатьох населених місць показує, що розрахункові рівні шуму основних магістральних вулиць найбільших міст досягають 75–80 дБА, зі збільшенням щільності вулично-дорожньої мережі від 4 до 10 км/км² величина розрахункових рівнів звуку головних вулиць зменшується на 4–6 дБА. Але у зв'язку зі збільшенням у містах кількості автомобілів та інтенсивності руху шум на магістральних вулицях фактично набуває своїх значень (клас 75 або 80 дБА).

Висновки. Збільшення кількості легкових автомобілів у містах змушує вживати різних заходів. Наприклад, збільшувати кількість смуг руху, але цей спосіб не завжди можливий. Нова розмітка

фактично є зверненням до колишніх вимог та дозволить заощадити величезні кошти [7].

Досвід Києва, Дніпра, Харкова та інших міст України дозволяє лише на якийсь час вирішити проблеми, пов'язані з автомобілізацією великих міст.

Для полегшення побудови карт шуму житлової забудови та збільшення точності

результатів пропонується зразок для побудови карт шуму житлової забудови. Це дозволяє, у свою чергу, отримувати порівняні результати та здійснювати експерименти щодо будь-якого прийому забудови примагістральної території.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.1–31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму [Текст]; введ. 27-12-2013. Київ : Мінрегіон України, 2014. 54 с.
2. ДСТУ EN ISO 3746:2016. Акустика. Визначення рівнів звукової потужності та рівнів звукової енергії джерел шуму за звуковим тиском [Текст]; введ. 01-01-2018. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 44 с.
3. ДСТУ–Н Б В.1.1–33:2013. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій [Текст]; введ. 01-01-2014. Київ : Мінрегіон України, 2014. 45 с.
4. Сафонов В. В., Беліков А. С., Папірник Р. Б., Іванцов С. В., Дідієнко Л. М., Піліпенко О. В., Лапшин О. О., Доронін Є. В., Шатов С. В., Шаломов В. А. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проєктів інженерно-будівельних спеціальностей : підруч. Під заг. ред. А. С. Белікова. Дніпро : Журфонд, 2020. 336 с.
5. Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом : учеб. Москва : Университетская книга, Логос, 2008. 424 с.
6. Беліков А. С., Болібрех Б. В., Шаломов В. А. та ін. Основи охорони праці : підруч. Під заг. ред. А. С. Белікова. Дніпро : ПП «Кулик В.В.», 2019. 452 с.
7. Самойлюк Е. П., Денисенко В. И., Пилипенко А. П. Борьба с шумом в населенных местах. Київ : Будівельник, 1981. 144 с.

REFERENCES

1. DBN V.1.1–31:2013. *Zakhyst terytorii, budynkiv i sporud vid shumu* [Protection of territories, buildings and structures from noise]. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2014, 54 p. (in Ukrainian).
2. DSTU EN ISO 3746:2016. *Akustyka. Vyznachennia rivniv zvukovoi potuzhnosti ta rivniv zvukovoi enerhii dzherel shumu za zvukovym tyskom* [Acoustics. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources by sound pressure]. Kyiv : SE “UkrNDNTs”, 2018, 44 p. (in Ukrainian).
3. DSTU–N B V.1.1–33:2013. *Nastanova z rozrakhunku ta proektuvannia zakhystu vid shumu selbyshchnykh terytorii* [Guidelines for the calculation and design of noise protection of residential areas]. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2014, 45 p. (in Ukrainian).
4. Safonov V.V., Belikov A.S., Papirnik R.B., Ivantsov S.V., Didenko L.M., Pilipenko O.V., Lapshin O.O., Doronin Ye.V., Shatov S.V. and Shalomov V.A. *Inzhenerni rishennya z ohoroni praci pri rozrobci diplomnih proektiv inzhenerno-budivel'nih special'nostej* [Engineering solutions for labor protection in the development of diploma projects in civil engineering]. Dnipro : Zhurfond Publ., 2020, 336 p. (in Ukrainian).
5. Ivanov N.I. *Inzhenernaia akustyka. Teoryia y praktyka borby s shumom* [Engineering acoustics. Theory and practice of noise control]. Moscow : Unyversytetskaia Knyha, Lohos, 2008, 424 p. (in Russian).
6. Belikov A.S., Bolibruch B.V., Shalomov V.A., Safonov V.V., Tret'yakov O.V., Gudozhnik D.V., Sharanova Yu.G. and Nesterenko S.V. *Osnovi ohoroni praci* [Basics of labor protection]. Dnipro : PP “Kulik V.V.”, 2019, 452 p. (in Ukrainian).
7. Samoiliuk Ye.P., Denysenko V.I. and Pylypenko A.P. *Borba s shumom v naseleennykh mestakh* [Noise control in populated areas]. Kyiv : Budivelnik Publ., 1981, 144 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 13.09.2022.

УДК 504.05: 504.3.054

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.27.888

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНЬ ТЕПЛОБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ КОНДЕНСАТОРІВ ПАРОВИХ ТУРБІН ТЕС НА ВЕЛИЧИНУ ВИКИДІВ ДІОКСИДУ АЗОТУ

ГАСЄВСЬКИЙ В. Р.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
ФИЛИПЧУК В. Л.², докт. техн. наук, проф.,
ДЕЙНЕКА О. Ю.³, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра хімії та фізики, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, 33028, Рівне, Україна, тел. +38 (0362) 63-32-09; e-mail: v.r.haievskiy@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4180-7436

² Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, 33028, Рівне, Україна, тел. +38 (0362) 63-32-09; e-mail: v.l.fylypchuk@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5763-5398

³ Кафедра вищої математики, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, 33028, Рівне, Україна, тел. +38 (0362) 63-32-09, e-mail: o.yu.dejneka@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9749-5251

Анотація. *Постановка проблеми.* Одна з галузей промисловості які найбільше забруднюють атмосферу – це теплова енергетика, і тому зменшення емісії шкідливих газів, зокрема, діоксиду азоту постає важливою екологічною проблемою. Не зважаючи на зменшення обсягів виробництва ТЕС і ТЕЦ електроенергії порівняно з 2020 роком (на 12,5 %), наразі їх частка залишається суттєвою у всьому електроенергетичному комплексі, що спричинює екологічні ризики через великі викиди і скиди цими підприємствами шкідливих речовин у навколишнє середовище. Величина таких викидів залежить від ефективності роботи оборотних систем охолодження, яка впливає на раціональне використання палива та водних ресурсів і відповідно на стан навколишнього середовища. Підвищення температури відпрацьованої пари за рахунок зменшення теплопередачі через забруднену поверхню теплообміну збільшує тиск у конденсаторі парових турбін і знижує потужність турбіни, що, у свою чергу, підвищує споживання палива і збільшує кількість викидів шкідливих речовин. Один із таких викидів – діоксид азоту, що є шкідливою токсичною сполукою і належить до парникових газів. *Мета роботи* – розрахунок викидів діоксиду азоту залежно від товщини шару відкладень на теплообмінній поверхні конденсаторів парових турбін ТЕС. *Висновки.* Введено поняття частки шкідливих викидів, пов'язаної з виникненням і ростом шару забруднення теплообмінної поверхні конденсаторів парових турбін ТЕС, що виражається у частках одиниці, і отримано для цієї величини аналітичний вираз. На основі теорій спалювання палива, теплообміну а також поняття частки шкідливих викидів, пов'язаної з виникненням і ростом шару забруднення, отримано залежність кількості шкідливих викидів від спалювання палива на ТЕС, від товщини шару забруднення теплообмінної поверхні конденсаторів парових турбін.

Ключові слова: забруднення навколишнього середовища; теплові електричні станції; викиди шкідливих речовин; діоксид азоту; конденсатори парових турбін; забруднення теплообмінних поверхонь

INFLUENCE OF HEAT-EXCHANGE SURFACES FOULING FOR TPP STEAM TURBINES CONDENSERS ON THE AMOUNT OF NITROGEN DIOXIDE EMISSIONS

GAYEVSKII V.R.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
FYLYPCHUK V.L.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
DEJNEKA O.Yu.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

^{1*} Department of Chemistry and Physics, National University of Water and Environmental Engineering, 11, Soborna Str., Rivne, 33028, Ukraine, tel. +38 (0362) 63-32-09, e-mail: v.r.haievskiy@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4180-7436

² Department of Labor Protection and Life Safety, National University of Water and Environmental Engineering, 11, Soborna Str., Rivne, 33028, Ukraine, tel. +38 (0362) 63-32-09, e-mail: v.l.fylypchuk@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5763-5398

³ Department of Higher Mathematics, National University of Water and Environmental Engineering, 11, Soborna Str., Rivne, 33028, Ukraine, tel. +38 (0362) 63-32-09, e-mail: o.yu.dejneka@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9749-5251

Abstract. Problem statement. One of the most polluting industries is the thermal power industry and therefore reducing the emission of harmful gases, in particular nitrogen dioxide, is an important environmental issue. Despite the decrease in the production of TPPs and CHPs of electricity compared to 2020 (by 12,5 %), at present their share remains significant in the entire electric power complex, which leads to environmental risks due to large emissions and discharges of harmful substances by these enterprises into environment. The magnitude of such emissions depends on the efficiency of the circulating cooling systems, which affects the rational use of fuel and water resources and, accordingly, the state of the environment. Increasing the temperature of the exhaust steam by reducing heat transfer through the fouled heat exchange surface increases the pressure in the condenser of steam turbines and reduces the power of the turbine, which increases fuel consumption and increases the amount of harmful substances emissions. One of these emissions is nitrogen dioxide, which is a harmful toxic compound and is classified as a greenhouse gas. **The purpose of the work** is to calculate nitrogen dioxide emissions depending on the thickness of the deposited layer on the heat exchange surface of the TPP steam turbine condensers. **Conclusions.** The concept of harmful emissions' share associated with the emergence and growth of a pollution layer on the heat exchange surface of the TPPs' steam turbines condensers, expressed in fractions of a unit, is introduced, and an analytical expression is obtained for this value. Based on the theories of fuel combustion, heat transfer, as well as the concept of harmful emissions' share associated with the emergence and growth of a pollution layer, the dependence of the amount of harmful emissions associated with fuel combustion at TPPs on the thickness of the pollution layer on the heat exchange surface of steam turbine condensers is obtained.

Keywords: *environmental pollution; thermal power stations; emissions of harmful substances; nitrogen dioxide; steam turbine condensers; contamination of heat exchange surfaces*

Постановка проблеми. Одна з галузей промисловості які найбільше забруднюють атмосферу – це теплова енергетика, і тому зменшення емісії шкідливих газів, зокрема, діоксиду азоту постає важливою екологічною проблемою. Відповідно, режим експлуатації теплових електричних станцій (ТЕС) повинен відповідати екологічним нормативам [1].

В Україні за 2021 рік, згідно [2], частка ТЕС та теплоелектроцентралей (ТЕЦ) становила 29,3 % і вироблено ними 45,830 млн. МВт годин електроенергії. Не зважаючи на зменшення обсягів виробництва ТЕС і ТЕЦ електроенергії порівняно з 2020 роком (на 12,5 %), на даний час їх частка залишається суттєвою у всьому електроенергетичному комплексі, що викликає суттєві екологічні ризики через великі викиди і скиди цими підприємствами шкідливих речовин у навколишнє середовище. Величина цих викидів залежить від ефективності роботи оборотних систем охолодження (ОСО), яка впливає на раціональне використання палива та водних ресурсів і, відповідно, на стан навколишнього середовища.

Підвищення температури відпрацьованої пари за рахунок зменшення теплопередачі через забруднену поверхню теплообміну збільшує тиск у конденсаторі парових турбін і знижує потужність

турбіни, що, у свою чергу, підвищує споживання палива. При спалюванні палива в атмосферу надходить величезна кількість шкідливих речовин, що розповсюджуються на десятки і сотні кілометрів. Щодо згоряння палива, то більшість викидів шкідливих речовин ТЕС належить до паросилової частини. Це тверді частинки (зола), діоксид азоту (NO_2), діоксид сірки (SO_2), оксид та діоксид вуглецю (CO , CO_2) та викиди тепла.

Діоксид азоту – шкідлива токсична сполука, належить до 3-го класу небезпеки [3], тому потребує видалення з різних газових середовищ. NO_2 утворюється при спалюванні вугілля, що містить атомарний азот. За різних умов азот може утворювати з киснем ряд сполук (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 і N_2O_5), властивості яких різні. В кінцевому результаті всі речовини перетворюються на NO_2 .

Концентрація викидів NO_2 залежить від технології спалювання палива і може істотно відрізнитися для різних котлоагрегатів. Діоксид азоту належить до парникових газів, спричинює утворення парникового ефекту і руйнування озонового шару. Крім того, оксиди азоту негативно впливають на ріст зелених насаджень і лісів, а також ініціюють випадання кислотних дощів.

Мета роботи – розрахунок викидів діоксиду азоту залежно від товщини шару відкладень на теплообмінній поверхні конденсаторів парових турбін ТЕС.

Результати досліджень. Розрахунок залежності викидів діоксиду азоту від товщини шару забруднення теплообмінної поверхні конденсатора парової турбіни ТЕС виконано згідно з наведеною схемою (рис. 1), з якої видно, що теплообмін відбувається через шар плівки конденсату, стінку теплообмінника та шар забруднення, товщина якого збільшується з часом, і тому досліджувана система розглядається як динамічна. Розрахунок

викидів NO₂ будемо виконувати у такій послідовності:

- 1) визначаємо масу викидів NO₂ за певний проміжок часу;
- 2) визначаємо температуру відпрацьованої насиченої пари залежно від товщини шару забруднення на теплообмінній поверхні конденсатора парової турбіни;
- 3) визначаємо зниження потужності турбіни від товщини шару забруднення;
- 4) визначаємо кількість викидів NO₂ залежно від товщини шару забруднення на теплообмінній поверхні конденсатора парової турбіни.

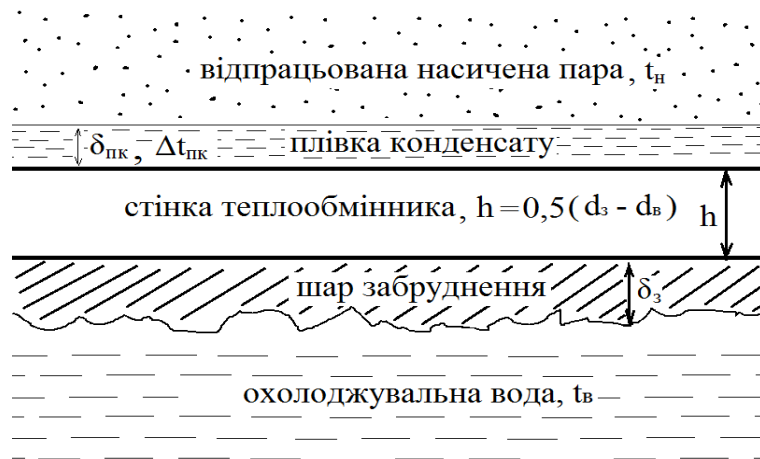


Рис. 1. Схема теплообмінного процесу в теплообміннику конденсатора парової турбіни без урахування забруднень з боку відпрацьованої пари: h – товщина стінки теплообмінної трубки; $d_з$ – зовнішній діаметр стінки; $d_в$ – внутрішній діаметр стінки; t_H – температура відпрацьованої пари; $\Delta t_{пк}$ – температурний напір плівки конденсату; $t_в$ – температура охолоджувальної води; $\delta_{пк}$ – товщина плівки конденсату; $\delta_з$ – товщина шару забруднення

1. Маса викидів NO₂, згідно з [4], визначається за формулою:

$$m_{NO_2} = m_{NO_2}^{пал} + m_{NO_2}^{пов}, \quad (1)$$

де $m_{NO_2}^{пал}$ – викиди від згорання палива, $m_{NO_2}^{пов}$ – викиди від азоту, що міститься в повітрі.

Валові річні викиди M_{NO_2} будуть визначатись за формулою:

$$M_{NO_2} = m_{NO_2} \cdot V \cdot Q, \quad (2)$$

де V – витрати палива, кг/рік; Q – теплота згорання палива, МДж/кг.

Для твердого палива $m_{NO_2}^{пал}$ визначається за формулами [4]:

$$m_{NO_2}^{пал} = 0.7 \cdot N_{пал} \cdot \beta_{\alpha_r} \cdot \beta_{\alpha_{ин}} \cdot \beta_{r_r} \cdot \beta_{\Theta} \cdot \beta_{см}. \quad (3)$$

Величини у співвідношенні (3) визначаються за формулами:

$$N_{пал} = 10 \cdot \frac{C_N}{Q}, \quad (4)$$

де C_N – вміст азоту в паливі в % на робочу масу; Q – теплота згорання палива, МДж/кг. Коефіцієнт надлишку повітря $\beta_{\alpha r}$ визначається за формулою:

$$\beta_{\alpha_r} = (0.53\alpha_r + 0.12)^2, \quad (5)$$

де α_r – коефіцієнт надлишку повітря в пальнику, значення якого перебувають у діапазоні 0,9...1,3.

Коефіцієнт впливу частки первинного повітря в пальнику $\beta_{\alpha_{ин}}$ визначається за формулою:

$$\beta_{\alpha_{\text{пт}}} = 1.73\alpha_{\text{пт}} + 0.48, \quad (6)$$

де $\alpha_{\text{пт}}$ – частка первинного повітря по відношенню до теоретично необхідного, значення якого перебувають у діапазоні 0,15...0,55.

Коефіцієнт впливу рециркуляції димових газів у первинне повітря $\beta_{\text{ГТ}}$ визначається за формулою:

$$\beta_{\text{ГТ}} = 1 - 1.6 \cdot 10^{-2} \sqrt{r_2}, \quad (7)$$

де r_2 – ступінь рециркуляції димових газів через пальники (%), значення якого перебувають у діапазоні 0...30 %.

Коефіцієнт впливу максимальної температури на ділянці утворення паливних оксидів азоту β_{Θ} визначається:

$$\beta_{\Theta} = 0.11(T_{\text{АГ}} - 1100)^{1/3}, \quad (8)$$

де $T_{\text{АГ}}$ – температура за зоною активності горіння, що перебуває у діапазоні 1 250...2 050 (К).

Коефіцієнт впливу сумішеутворення в корені факела для прямоструменевих горілок $\beta_{\text{СМ}}$ визначається:

$$\beta_{\text{СМ}} = 0.98W_{\text{СМ}} - 0.47, \quad (9)$$

де $W_{\text{СМ}}$ – коефіцієнт, значення якого перебувають у діапазоні 1,4...4,0 [5].

Повітряні оксиди азоту $m_{\text{NO}_2}^{\text{ТВ}}$ визначаються за рівнянням Зельдовича:

$$m_{\text{NO}_2}^{\text{пов}} = 1.54 \cdot 10^{16} \sqrt{\frac{\alpha_{\text{АГ}} - 1}{\alpha_{\text{АГ}}}} \cdot \frac{\exp\left(-\frac{60000}{T_{\text{АГ}}}\right)}{T_{\text{АГ}}}, \quad (10)$$

де $\alpha_{\text{АГ}}$ – коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$\alpha_{\text{АГ}} = \alpha_{\text{Г}} + 0.5 \cdot \Delta\alpha_{\text{Т}}, \quad (11)$$

де $\Delta\alpha_{\text{Т}}$ – присоси в топку, що можна визначити за формулою:

$$\Delta\alpha_{\text{Т}} = 0.1 \cdot \alpha_{\text{Г}}. \quad (12)$$

Визначимо питомі викиди NO_2 викидів від згоряння палива ($m_{\text{NO}_2}^{\text{пал}}$) для середнього необхідного надлишку повітря для горіння ($\alpha_{\text{Г}} = 1,15$ і $\beta_{\text{от}} = 0,532$) а також для Донецького вугілля марки АСШ ($Q = 20,89$ МДЖ/кг, $C_{\text{N}} = 0,6$ % [6]) і для

середніх значень інших коефіцієнтів: $\beta_{\text{штп}} = 1,085$ (для $\alpha_{\text{штп}} = 0,35$); $\beta_{\text{ГТ}} = 0,938$ (для $r_2 = 15$ %); $\beta_{\Theta} = 0,901$ (для середнього значення $T_{\text{АГ}}$, що можна рахувати 1 900 К); для прямоструменевих горілок $\beta_{\text{СМ}} = 2,176$ (для $W_{\text{СМ}} = 2,7$). Тоді, згідно з (9), $m_{\text{NO}_2}^{\text{пал}} = 0,242$ кг/ГДж.

Визначимо для цих же умов ($\alpha_{\text{Г}} = 1,15$ та $T_{\text{АГ}} = 1 900$ К) питомі викиди повітряних оксидів азоту ($m_{\text{NO}_2}^{\text{пов}}$). Оскільки з (17) $\alpha_{\text{АГ}} = 1,208$ та (18) $\Delta\alpha_{\text{Т}} = 0,115$, то, згідно з (16), $m_{\text{NO}_2}^{\text{пов}} = 0,065$ кг/ГДж. Видно, що для даних умов $m_{\text{NO}_2}^{\text{пов}}$ становить близько 27 %.

Таким чином, у результаті наших розрахунків можна стверджувати, що повні питомі викиди NO_2 , які будемо вважати рівними контамінаційному еквіваленту енергії (КЕЕ), становлять 0,307 кг/ГДж. Валові річні викиди, згідно з (8) будуть становити $M_{\text{NO}_2} = (0,307 \text{ кг/ГДж}) \cdot (6 \cdot 10^9 \text{ кг/рік}) \cdot (20,89 \cdot 10^{-3} \text{ ГДж/кг}) = 38,48$ тис. т./рік.

2. Температура насичення відпрацьованої насиченої пари в конденсаторі ($t_{\text{н}}$) визначається за рівнянням [7]:

$$t_{\text{н}} = t_{\text{вх}} + \Delta t_{\text{в}} + \delta t, \quad (13)$$

де $t_{\text{вх}}$ – температура охолоджувальної води на вході в конденсатор; $\Delta t_{\text{в}} = t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}$ – нагрів охолоджувальної води у конденсаторі; $t_{\text{вих}}$ – температура охолоджувальної води на виході з конденсатора; δt – недогрів до температури насичення (температурний напір між відпрацьованою парою і охолоджувальною водою, рис. 1).

Рівняння (13) є основним рівнянням роботи конденсатора, що визначає ефективність роботи як конденсатора, так і всієї конденсаційної установки парової турбіни. Температура охолоджувальної води на вході в конденсатор залежить від географічного місцеположення ТЕС, пори року та системи водопостачання. Середньорічну розрахункову температуру охолоджувальної води зазвичай приймають для ТЕС із ряду 10, 12, 15 або 20 °С. Оскільки теплота фазового переходу пара – конденсат змінюється несуттєво і в

першому наближенні може бути прийнята 2 430 кДж/кг і теплоємність конденсату за постійного тиску $c_p = 4,185$ кДж/(кг·К), для оціночних розрахунків нагрів води у конденсаторі (див. (13)) можна розраховувати за співвідношенням:

$$\Delta t_b = 580 \cdot \frac{D_n}{G_b} = \frac{580}{m}, \quad (14)$$

де D_n – витрата пари, що надходить у конденсатор; G_b – витрата охолоджувальної води через конденсатор. Недогрів охолоджувальної води в конденсаторі (δt) до температури насичення (t_n) визначається за рівнянням [8]:

$$\delta t = \frac{\Delta t}{\exp\left(\frac{KF}{G_b c_p}\right) - 1}, \quad (15)$$

де K – загальний коефіцієнт теплопередачі в конденсаторі; F – площа поверхні теплообміну конденсатора; c_p – теплоємність води за постійного тиску.

Для наших умов (див. рис. 1) коефіцієнт теплопередачі матиме вигляд:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{nc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{св}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}}, \quad (16)$$

де α_{nc} , $\alpha_{св}$ – коефіцієнти тепловіддачі пара – стінка та стінка – вода відповідно, Вт/(м²·К); δ_c , δ_3 – товщина стінки трубки теплообмінника та внутрішнього шару забруднення відповідно, м; λ_c , λ_3 – коефіцієнти теплопровідності стінки трубки та внутрішнього шару забруднення відповідно, Вт/(м·К).

Враховуючи, що [9]:

$$\alpha_{nc} = 27,015 \cdot \left(\frac{\lambda_{пк} \rho_{пк}^{0,2}}{\eta_{пк}^{0,14} \rho_{п}^{0,08}} \right) \cdot \left(\frac{F^{0,14} D_n^{0,02}}{S^{0,16} d_3^{0,8}} \right) \quad (17)$$

та

$$\alpha_{св} = 2,791 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{Pr^{0,4} \cdot \lambda_b}{\nu_b^{0,8} \cdot \rho_b^{0,8}} \right) \cdot \left(\frac{G_b}{n \cdot d_b^{2,25}} \right)^{0,8}, \quad (18)$$

основне рівняння роботи конденсатора (13) запишемо у вигляді:

$$t_n = t_{вх} + 580 \cdot \frac{D_n}{G_b} \cdot \left\{ 1 + \left[\exp \left(\left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha_{nc}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{св}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \right) \cdot \frac{F}{G_b \cdot c_p} \right) - 1 \right]^{-1} \right\} \quad (19)$$

де ν_b – кінематична в'язкість води, м²/с; $\eta_{пк}$ – динамічна в'язкість води, Па·с; ρ_b – густина води, кг/м³, $\rho_{пк}$ – густина плівки конденсату, кг/м³; $\rho_{п}$ – густина відпрацьованої водяної пари, кг/м³; d_b – внутрішній діаметр трубки теплообмінника, м; d_3 – зовнішній діаметр трубки теплообмінника, м; n – кількість трубок у конденсаторі на один хід, S – площа горловини конденсатора, м².

3. Зниження потужності визначимо, використавши рівняння (19) і залежність втрати потужності турбіни від збільшення тиску відпрацьованої насиченої пари в конденсаторі парової турбіни. Розрахунки виконуємо для турбіни К-500-240-2 та конденсатора К-11520-2 виробництва ХТЗ з урахуванням їх технологічних параметрів табличних фізичних величинах λ_c , λ_3 , ν_b , $\eta_{пк}$, ρ_b , $\rho_{п}$, Pr , c_p та постійних технологічних величинах δ_3 , G_b , F , d_b , d_3 , n , D_n , S [10; 11].

У (19) більшість величин та їх значення наведено вище, а коефіцієнт теплопровідності шару забруднення беремо для CaCO₃, і він рівний $\lambda_3 = 1,9$ Вт/(м·К) [12], а також $\Delta t = 15$ °С. Втрату потужності турбіни К-500-240-2 (ΔM) визначасмо з урахуванням поправки до потужності на відхилення тиску відпрацьованої насиченої пари (3,88 МВт на 1 кПа [11]), використовуючи апроксимаційну залежність тиску відпрацьованої насиченої пари (кПа) у конденсаторі турбіни від її температури (°С) з відносною похибкою апроксимації для діапазону робочих температур відпрацьованої пари 10...60 °С, що не перевищує ± 1 %:

$$p(t) = 1,75 + 0,5 \sqrt{12,25 + 4 \exp(8,82 \cdot 10^{-2} t + 0,86)}. \quad (20)$$

На основі (20), враховуючи поправки до потужності на відхилення тиску відпрацьованої насиченої пари для турбіни К-500-240-2 і конденсатора К-11520-2,

вираз для втрати потужності (ΔN) через температуру насиченої відпрацьованої пари (t_n) буде таким:

$$\Delta N(\delta_3) = 3,88 \cdot \left[1,75 + 0,5 \sqrt{12,25 + 4 \exp(8,82 \cdot 10^{-2} t_n(\delta_3) + 0,86)} \right], \quad (21)$$

де t_n визначається за (19).

Уведемо поняття частки шкідливих викидів, пов'язаних із забрудненням теплообмінної поверхні, яка є важливою характеристикою для оцінення впливу забруднення теплообмінної поверхні на викиди шкідливих речовин. Таку частку шкідливих викидів K , по відношенню до кількості викидів при незабрудненій поверхні визначаємо із співвідношення:

$$K(\delta_3) = \frac{\Delta M(\delta_3)}{M_0} = \frac{\Delta N(\delta_3)}{N}, \quad (22)$$

де $\Delta M(\delta_3)$ – маса шкідливих викидів, пов'язана з відкладенням шару забруднення δ_3 ; M_0 – маса шкідливих викидів при незабрудненій теплообмінній

поверхні ($\delta_3 = 0$), визначена у п.1; N – номінальна потужність турбіни ТЕС.

Для номінальних значень $p_n = 4,42$ кПа і $t_n = 30,8$ °С, підставляючи у (19) значення табличних величин, [13]: $\lambda_c = 130$ Вт/(м·К), $\lambda_b = 0,616$ Вт/(м·К), $\lambda_{пк} = 0,600$ Вт/(м·К), $\rho_{пк} = 995,40$ кг/м³, $\eta_{пк} = 0,789 \cdot 10^{-3}$ Па·с, $\rho_{п} = 0,031$ кг/м³, $Pr_b = 6,889$, $\nu_b = 0,793 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $\rho_b = 998,13$ кг/м³; та технологічних величин [10; 11]: $F = 2,304 \cdot 10^4$ м², $D_{п} = 959,5$ т/год, $S = 119,1$ м², $d_3 = 28$ мм, $G_b = 51480$ м³/год, $N = 29\ 500$, $d_b = 26$ мм, а також використовуючи (20–22), отримаємо залежності втрати потужності $\Delta N(\delta_3)$ та відносного збільшення шкідливих викидів від товщини шару забруднення теплообмінної поверхні $\varepsilon(\delta_3)$ (рис. 2). Як видно, для товщини шару забруднення в 1 мм втрата потужності близька до 20 МВт, а надлишкові викиди перевищують 3 %.

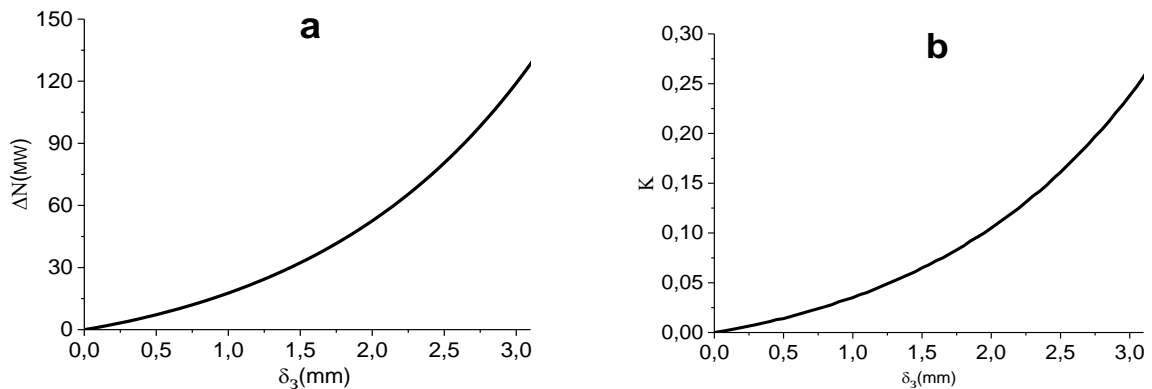


Рис. 2. Залежності втрати потужності ΔN (а) та частки (в частках одиниці) K шкідливих викидів (б) від товщини шару забруднення теплообмінної поверхні (δ_3)

4. Оскільки досліджується динамічна система, що враховує неперервний ріст шару забруднень, товщина якого за певний проміжок часу досягає величини δ_k , **визначення маси викидів**, з використанням теореми про середнє [14], можна записати:

$$\Delta M(\delta_k) = \frac{1}{\delta_k} \int_0^{\delta_k} M_0 K(\delta_3) d\delta_3, \quad (23)$$

$$\frac{M_0}{\delta_k} \int_0^{\delta_k} K(\delta_3) d\delta_3 = M_0 \cdot K_{cp}$$

$$\text{де } K_{cp}(\delta_k) = \frac{1}{\delta_k} \int_0^{\delta_k} K(\delta_3) d\delta_3, \quad (24)$$

де $K_{cp}(\delta_k)$ – середнє значення частки викидів, вираженої у частках одиниці. Залежність частки викидів, виражену в частках одиниці, від товщини шару забруднення, показану на рисунку 4, b опишемо апроксимаційною формулою, що за результатами наших досліджень буде мати вигляд:

$$K(\delta_3) = A \cdot [\exp(B \cdot \delta_3) - 1], \quad (25)$$

де $A = 4,18 \cdot 10^{-2}$; $B = 647 \text{ м}^{-1}$, δ_3 – товщина шару забруднення теплообмінної поверхні

конденсатора парової турбіни, м. Залежність $K(\delta_3)$, визначена за (22) та залежність за апроксимаційною формулою (24) показані на рисунку 3, а.

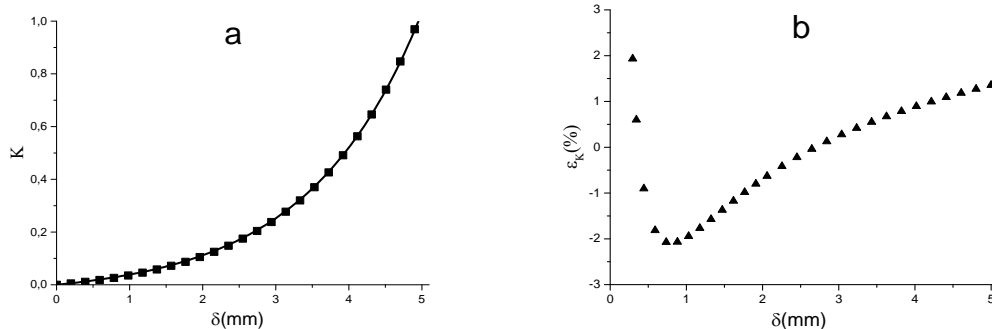


Рис. 3. Залежність частки викидів, пов’язаних із шаром забруднення K , де – апроксимація (а) ■ – розрахунок за (22) (а) та відносною похибкою апроксимації (b) від товщини шару забруднення теплообмінної поверхні (δ_3)

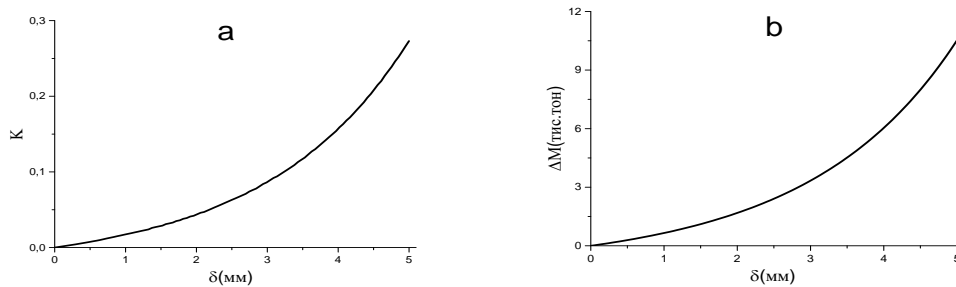


Рис. 4. Залежності середнього значення частки викидів у частках одиниці K , (а) та маси викидів NO_2 за рік (b) від товщини шару забруднення теплообмінної поверхні (δ_3)

На рисунку 3, b показано відносну похибку апроксимації (25), яка не перевищує $\pm 2\%$. З урахуванням (24) і (25) середнє значення частки викидів, пов’язаних із ростом шару забруднення, визначається:

$$K_{\text{ср}}(\delta_3) = \frac{C}{\delta_3} [\exp(B \cdot \delta_3) - 1] - A, \quad (26)$$

де $C = A/B = 6,461 \cdot 10^{-5}$ м. Частка викидів, пов’язаних із ростом шару забруднення показані на рисунку 4, а. Необхідно зазначити, що залежність (25) є універсальною для технологічного комплексу турбіна – конденсатор і не залежить від виду палива, тобто її можна використовувати для довільного виду палива, обраховуючи масу викидів M_0 за відповідними методиками, як це було зроблено у п. 1.

Таким чином, згідно з (22), маса шкідливих викидів, пов’язаних з утворенням і ростом шару забруднення на теплообмінній поверхні конденсатора парової турбіни ТЕС, буде визначатись за формулою:

$$\Delta M(\delta_3) = M_0 \left(\frac{C}{\delta_3} [\exp(B \cdot \delta_3) - 1] - A \right). \quad (27)$$

Залежність $\Delta M(\delta_3)$ показана на рисунку 4, b з якого видно, що при товщині шару відкладень усього 1 мм кількість викидів, яка утворюється за рахунок виникнення такого шару, становитиме 0,7 тис. тон на рік.

Висновки.

Уведено поняття частки шкідливих викидів, пов’язаних із виникненням і ростом шару забруднення теплообмінної поверхні конденсаторів парових турбін

ТЕС, що виражається у частках одиниці і отримано для цієї величини аналітичний вираз.

На основі теорій спалювання палива, теплообміну, а також поняття частки шкідливих викидів, пов'язаних з

виникненням і ростом шару забруднення, отримано залежність кількості шкідливих викидів, пов'язаних із спалюванням палива на ТЕС, від товщини шару забруднення теплообмінної поверхні конденсаторів парових турбін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон «Про Основні засади (Стратегію) екологічної політики України на період до 2030 року». URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=63948
2. Міністерство енергетики України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>
3. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Межгосударственный стандарт. Москва: Стандартинформ, 2008. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=6264
4. СО 153-34.02.304-2003. Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций. Москва : ОАО «ВТИ», 2005. 22 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294814/4294814036.htm>
5. Проектирование топок с твердым шлакоудалением : руководящие указания. Ленинград : НПО ЦКТИ, 1981. Вып. 42. URL: <https://www.dissercat.com/content/>
6. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. Под ред. К. Ф. Роддатиса. Москва : Энергоатомиздат, 1989. 488 с.
7. Бродов Ю. М., Савельев Р. З. Конденсационные установки паровых турбин : учеб. пособ. для вузов. Москва : Энергоатомиздат, 1994. 288 с.
8. Костюк А. Г., Фролов В. В., Булкин А. Е., Трухний А. Д. Паровые и газовые турбины для электростанций : учеб. для вузов. Под ред. А. Г. Костюка. Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. 557 с.
9. Гаєвський В. Р., Филипчук В. Л. Вплив забруднення теплообмінних поверхонь конденсаторів парових турбін на виникнення надзвичайних ситуацій. Проблеми надзвичайних ситуацій: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. 19 травня, 2022. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2022. С. 14–15. URL: <http://pesconf.nuczu.edu.ua/>
10. Аронсон К. Э., Блинков С. Н., Брезгин В. И., Бродов Ю. М., Купцов В. К., Ларионов И. Д., Ниренштейн М. А., Плотников П. Н., Рябчиков А. Ю., Хаєт С. И. Теплообменники энергетических установок : учеб. электрон. изд. Екатеринбург : УрФУ, 2015. URL: <https://openedu.urfu.ru/files/book/Глава%202.html>
11. Типовая энергетическая характеристика конденсатора К-11520-240-2. Технические характеристики 34-70-021-86. Москва : Союзтехэнерго, 1986. 15 с. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=70436
12. Hasson D., Perl I. Scale Deposition in Laminar Falling-Film System. *Desalination*. 1981. Vol. 37. Pp. 279–292. URL: [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)88652-X](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)88652-X)
13. Ривкин С. Л., Александров А. А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Москва : Энергия, 1980. 424 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/40742/>
14. Вища математика : інтегральні числення функцій однієї змінної. Диференціальні рівняння : навч. посіб. для студ. техн. спец. Укладачі : Г. М. Кулик, О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Степаненко, Н. П. Ярема. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 278 с. URL: https://mph.kpi.ua/assets/img/books/VPI/Posibnyk_VM_Int_DR.pdf

REFERENCES

1. *Zakon "Pro Osnovni zasady (Stratehiiu) ekolohichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku"* [Law "On Basic Principles (Strategy) of Environmental Policy of Ukraine for the Period Until 2030"]. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=63948 (in Ukrainian).
2. *Ministerstvo enerhetyky Ukrainy* [Ministry of Energy of Ukraine]. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua> (in Ukrainian).
3. *HOST 12.1.005-88. Obshchye sanytarno-hyhyenycheskiye trebovaniya k vozdukhу rabochei zony. Mezhhosudarstvennyy standart* [General sanitary and hygienic requirements for the air of the working area. Interstate standard]. Moscow : Standartinform Publ., 2008. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=6264 (in Ukrainian).
4. *СО 153-34.02.304-2003. Metodicheskiye ukazaniya po raschetу выбросов оксидов азота с дымовыту hazату котлов тепловыkh электростансыи* [Guidelines for the calculation of nitrogen oxide emissions from flue gases of boilers of thermal power plants]. Moscow : Public Corporation "UTI", 2005, 22 p. (in Russian).

5. *Proektyrovanye topok s tverдыm shlakoudalenyem : rukovodiashchye ukazaniya* [Design of furnaces with solid slag removal : guidelines]. Leningrad : NPO, TsKTI Publ., 1981, iss. 42. (in Russian).
6. Roddatys K.F. and Poltaretskyi A.N. *Spravochnik po kotelnym ustanovkam maloi proyzvodytel'nosti* [Handbook of low-capacity boiler plants]. Ed. by K.F. Roddatysa. Moscow : Enerhoatomizdat Publ., 1989, 488 p. (in Russian).
7. Brodov Yu.M. and Saveliev R.Z. *Kondensatsyonnye ustanovky parovykh turbyn : uchebn. posobye dlia vuzov* [Condensing installations of steam turbines : textbook allowance for universities]. Moscow : Energoatomizdat Publ., 1994, 288 p. (in Russian).
8. Kostiuk A.H., Frolov V.V., Bulkyn A.Ye. and Trukhnyi A.D. *Parovye y hazovye turbyny dlia elektrostantsyi : uchebnyk dlia vuzov* [Steam and gas turbines for power plants : a textbook for universities]. Ed. by A.H. Kostiuk. Moscow : Publishing House MEI, 2016, 557 p. (in Russian).
9. Gayevskii V.R. and Fylypchuk V.L. *Vplyv zabrudnennia teploobminnykh poverkhon kondensatoriv parovykh turbin na vynyknennia nadzvychnykh sytuatsii* [The influence of contamination of the heat exchange surfaces of steam turbine condensers on the occurrence of emergency situations.] *Problemy nadzvychnykh sytuatsii : materialy Mizhnarodnoy naukovo-praktychnoy konferentsii* [Problems of emergency situations: materials of International scientific and practical conference]. Kharkiv, 19 May, 2022. Kharkiv : National University of Civil Defense of Ukraine, 2022, pp. 14–15. (in Ukrainian).
10. Aronson K.E., Blynkov S.N., Brezghyn V.Yu., Brodov Yu.M., Kuptsov V.K., Laryonov Yu.D., Nyrenshtein M.A., Plotnykov P.N., Riabchykov A.Yu. and Khaet S.I. *Teploobmennyye enerhetycheskye ustanovok* [Heat exchangers of power plants : educational electronic edition]. Yekaterinburh : UrPhU Publ., 2015. URL: <https://openedu.urfu.ru/files/book/Глава%202.html> (in Russian).
11. *Typovaia enerhetycheskaia kharakterystyka kondensatora K-11520-240-2. Tekhnicheskyye kharakterystyky 34-70-021-86* [Typical energy characteristic of the capacitor K-11520-240-2. Specifications 34-70-021-86]. Moscow : Soyuztekhnenergo Publ., 1986, 15 p. (in Russian).
12. Hasson D. and Perl I. Scale Deposition in Laminar Falling-Film System. *Desalination*. 1981. Vol. 37. Pp. 279–292. URL: [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)88652-X](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)88652-X)
13. Ryvkyn S.L. and Aleksandrov A.A. *Teplofizycheskiye svoystva vody y vodianoho para* [Thermophysical properties of water and steam]. Moscow : Energy Publ., 1980, 424 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/40742/> (in Russian).
14. *Vyshcha matematika : Integralne chyslennia funktsii odnoiei zminnoi. Dyferentsialni rivniannia : navchalnyi posibnyk dlia studentiv tekhnichnykh spetsial'nostei* [Vishcha Mathematics: Integral Numerical Functions of One Change. Differential Rivnyannia : primary help book for students of technical specialties]. Compilers : G.M. Kulyk, O.I. Kushlyk-Dyvulska, N.V. Stepanenko and N.P. Yarema. Kyiv : NTUU “KPI” Publ., 2016, 278 p. URL: https://mph.kpi.ua/assets/img/books/VPI/Posibnyk_VM_Int_DR.pdf (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 02.08.2022.

УДК 331.45:58.07

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.36.889

ПРАЦЕОХОРОННИЙ АСПЕКТ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

ГЕРАСИМЕНКО В. О.^{1*}, канд. хім. наук, доц.,

МІТИНА Н. Б.², канд. техн. наук, доц.,

ГАРМАШ С. М.³, канд. с-г. наук, доц.,

МАЛИНОВСЬКА Н. В.⁴, ст. викл.

^{1*} Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 250-58-65, e-mail: gerasim_vlad@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3369-4267

² Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 650-91-99, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9086-4037

³ Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 538-71-38, e-mail: svgarmash@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2658-162X

⁴ Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 654-01-57, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

Анотація. Постановка проблеми. Нестабільна ситуація з інфекційною захворюваністю у світі загострила питання біологічної безпеки для нашої країни. Залишається актуальною також проблема захисту людини від біологічних небезпек у процесі трудової діяльності, позаяк кількість потерпілих від виробничого травматизму внаслідок ураження під час контакту з представниками фауни і флори тривалий час перебуває на неприпустимо високому рівні. **Мета статті** – узагальнення і систематизація відомостей щодо небезпечних для людини макроорганізмів як основи для удосконалення законодавчих та нормативних актів з охорони праці. **Висновок.** Наявність величезної кількості небезпечних макроорганізмів створює необхідність визнання їх як негативний виробничий фактор біологічної природи із внесенням його до відповідних законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці, а також опрацювання спеціальної методичної та інструктивної документації. Доцільним також слід вважати картографування і періодичний перегляд з уточненням ареалів мешкання небезпечних макроорганізмів.

Ключові слова: біологічна безпека; небезпечні макроорганізми; виробничий травматизм; охорона праці; нормативна документація

OCCUPATIONAL PROTECTION ASPECT OF BIOLOGICAL SAFETY

GERASIMENKO V.O.^{1*}, Ph. D (Chem.), Assoc. Prof.,

MITINA N.B.², Ph. D (Tech.), Assoc. Prof.,

GARMASH S.M.³, Ph. D (Agr.), Assoc. Prof.,

MALYNOVSKA N.V.⁴, Senior Lect.

^{1*} Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharina Ave., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (099) 250-58-65, e-mail: gerasim_vlad@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3369-4267

² Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharina Ave., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (066) 654-01-57, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9086-4037

³ Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharina Ave., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (095) 538-71-38, e-mail: svgarmash@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2658-162X

⁴ Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharina Ave., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (066) 654-01-57, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

Abstract. Problem statement. The unstable situation with infectious diseases in the world has aggravated the issue of biological safety in our country. The problem of protecting people from biological hazards at work continues to be relevant, as the number of occupational injuries due to contact with fauna and flora has been unacceptably high for a

long time. *The purpose of the article* is to generalize and systematize information on macro-hazards as a basis for the improvement of occupational safety and health legislation and regulations. *Conclusions*. The presence of a huge number of dangerous macro-organisms creates the need to recognize them as a negative production factor of a biological nature with its inclusion in the relevant legislative and regulatory acts on labor protection, as well as the development of special methodical and instructional documentation. Mapping and periodic review with clarification of habitats of dangerous macro-organisms should also be considered expedient.

Keywords: *biological safety; dangerous macro-organisms; occupational injuries; labor protection; regulatory documentation*

Постановка проблеми. Зважаючи на нестабільну ситуацію з інфекційною захворюваністю у світі, значні транспортні та людські потоки територією України, недосконалість державної системи попередження біонебезпек, погіршення епідеміологічної ситуації через воєнну інтервенцію Росії, проблема біобезпеки для нашої країни залишається надзвичайно актуальною.

До того ж, наявність значної кількості об'єктів підвищеної небезпеки з вичерпаними технічними та технологічними ресурсами, а також природних осередків зосередження патогенних мікроорганізмів – збудників особливо небезпечних інфекційних хвороб підвищує ризики виникнення надзвичайних ситуацій, створює реальні загрози життєдіяльності населення, подальшому соціально-економічному розвитку та національній безпеці України. Залишається актуальною також проблема захисту людини від біологічних небезпек у процесі трудової діяльності.

Аналіз публікацій. Для створення можливості зробити правильний вибір конкретних засобів та здійснення ефективних адміністративно-правових заходів щодо забезпечення біобезпеки необхідне чітке визначення поняття, змісту та класифікації біологічних загроз та причин їх виникнення. Так, законодавчо визначено [1], що біологічна безпека – це такий стан середовища життєдіяльності людини, за якого відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру та функцію людської особи в теперішньому та майбутніх поколіннях, а також відсутній незворотний негативний вплив на біологічні об'єкти природного середовища та сільсько-господарські рослини і тварини. Інший

закон [2] уточнює сутність негативного чинника середовища як небезпечної речовини, що являє собою хімічну, токсичну, вибухову, окиснювальну, горючу речовину, біологічні агенти та речовини біологічного походження (біохімічні, мікробіологічні, біотехнологічні препарати, патогенні для людей і тварин мікроорганізми тощо), які становлять небезпеку для життя і здоров'я людей та довкілля, сукупність властивостей речовин і/або особливостей їх стану, внаслідок яких за певних обставин може створитися загроза життю і здоров'ю людей, довкіллю, матеріальним і культурним цінностям.

Водночас, Державний стандарт [3] визначає, що біологічна безпека – це система організаційних, медико-біологічних та інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на захист персоналу, що працює, населення і місця існування людини від дії патогенних біологічних агентів. Біологічні патогенні агенти, за визначенням стандарту [3], це будь-які чинники біотичного походження (пріонної, віроїдної, вірусної, рикетсіозної, бактерійної, грибової етіології, біохімічної дії, токсини), здатні спричиняти масові захворювання людей, тварин, рослин, що може призвести до погіршення стану довкілля, заподіяти значних економічних збитків, погіршити умови життєдіяльності населення або зумовити загрозу захворювання та загибелі людей.

Звертаємо увагу на розбіжності у визначенні поняття «біологічна безпека»: сприятливий для життєдіяльності людини стан середовища може бути наслідком реалізації системи організаційних, медико-біологічних та інженерно-технічних заходів і засобів, але ця система заходів і засобів не є біологічною безпекою. Зрозуміло, що наявність розбіжності і протиріч в

основоположних та керівних документах не сприятиме успіху у вирішенні будь-якої проблеми.

Згадані вище державні нормативні документи приділяють значну увагу захисту від біологічних патогенних агентів мікробіологічної природи. Але цими агентами вони і обмежені. Так, навіть державні санітарні норми та правила [4], які наводять гігієнічну класифікацію праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, визначають біологічні фактори тільки як наявність мікроорганізмів (патогенних мікроорганізмів, продуцентів, живих клітин та спор мікроорганізмів, що містяться в бактеріальних препаратах). Проте факторами біологічної небезпеки можуть бути не тільки мікроорганізми, а й макроорганізми, тобто тваринні і рослинні організми, які не охоплює поняття «небезпечна речовина».

У науково-популярній літературі є публікації [5; 6], присвячені питанням небезпеки окремих груп живих істот. Але, на думку фахівців [7], ще й досі в Україні бракує спеціальної довідкової літератури із загальних питань безпеки тварин.

Мета статті – узагальнення і систематизація відомостей щодо небезпечних для людини макроорганізмів.

Результати досліджень. Відомо, що в Україні щорічно отруюються, хворіють та гинуть десятки тисяч людей, уражених небезпечними мікроорганізмами. Звичайно, частина постраждалих – представники побутової сфери життєдіяльності. Але ж є певні види господарської діяльності, тісно пов'язані із компонентами навколишнього середовища, зокрема, лісо- і сільськогосподарська діяльність, добування, зберігання і переробка рослинної і тваринної сировини, морепродуктів. Працівники цих галузей щоденно наражаються на небезпеку ураження небезпечними макроорганізмами.

Так, за даними Державної служби статистики України [8], кількість потерпілих від травматизму, пов'язаного із виробництвом, внаслідок ураження під час контакту з тваринами, комахами, іншими представниками фауни і флори, перебуває на рівні таких небезпечних виробничих факторів, як електричний струм або дія шкідливих і токсичних речовин (рис. 1).

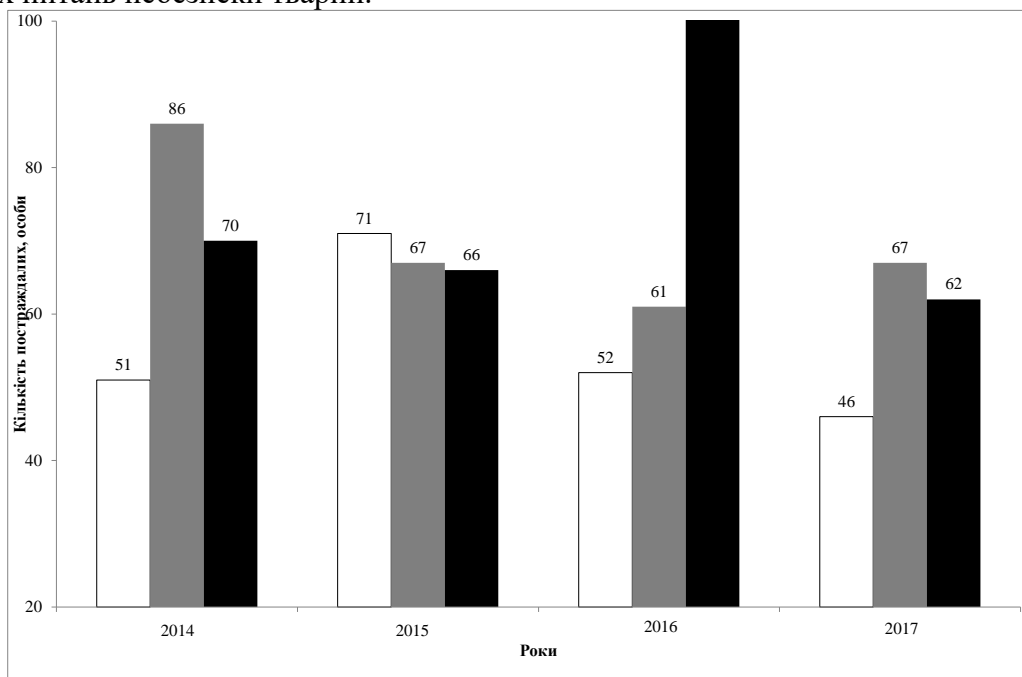


Рис. 1. Кількість потерпілих від травматизму, пов'язаного з виробництвом, внаслідок ураження:

□ від дії шкідливих і токсичних речовин;

■ електричним струмом;

■ під час контакту з тваринами, комахами, іншими представниками фауни і флори

Небезпечні мікроорганізми зустрічаються серед живих істот різних класів (рис. 2), навіть серед життєво необхідних. Так, рослини відіграють важливу роль у природі і господарстві людини. Вони дають людині продукти харчування, ліки, корм для тварин, сировину для різних галузей промисловості. Проте серед рослин є й отруйні, небезпечні для життя людей і тварин.

Отруйні рослини виробляють і накопичують токсичні речовини, які можуть викликати хворобу, травму і навіть загибель людини. Отруйні речовини можуть міститися у всій рослині загалом або в окремих її частинах: у надземних (листках, квітках, плодах, насінні, стеблах) та підземних (корінні, кореневищах, цибулинах, бульбах). Токсини, які містяться у рослинах, можуть викликати отруєння під

час вдихання летких речовин (випарів з рослин), при потраплянні соку рослин на шкіру людини, а також у разі вживання отруйних ягід, листя, коріння.

Можна отруїтись навіть медом, зібраним із квітів отруйних рослин, або споживаючи м'ясо та інші продукти сільськогосподарських тварин, що отруїлися рослинами. Деякі рослини можуть викликати різноманітні алергічні реакції у людей з підвищеною чутливістю. У флорі нашої країни нараховують майже 600 видів отруйних рослин, переважна більшість з яких належить до умовно отруйних. До беззаперечно отруйних рослин належать аконіт, беладона звичайна, блекота чорна, болиголов плямистий, борщівник Сосновського, вовчі ягоди, вороняче око, дурман, наперстянка великоквітова, цикута (красавка), чемериця біла, тис ягідний.

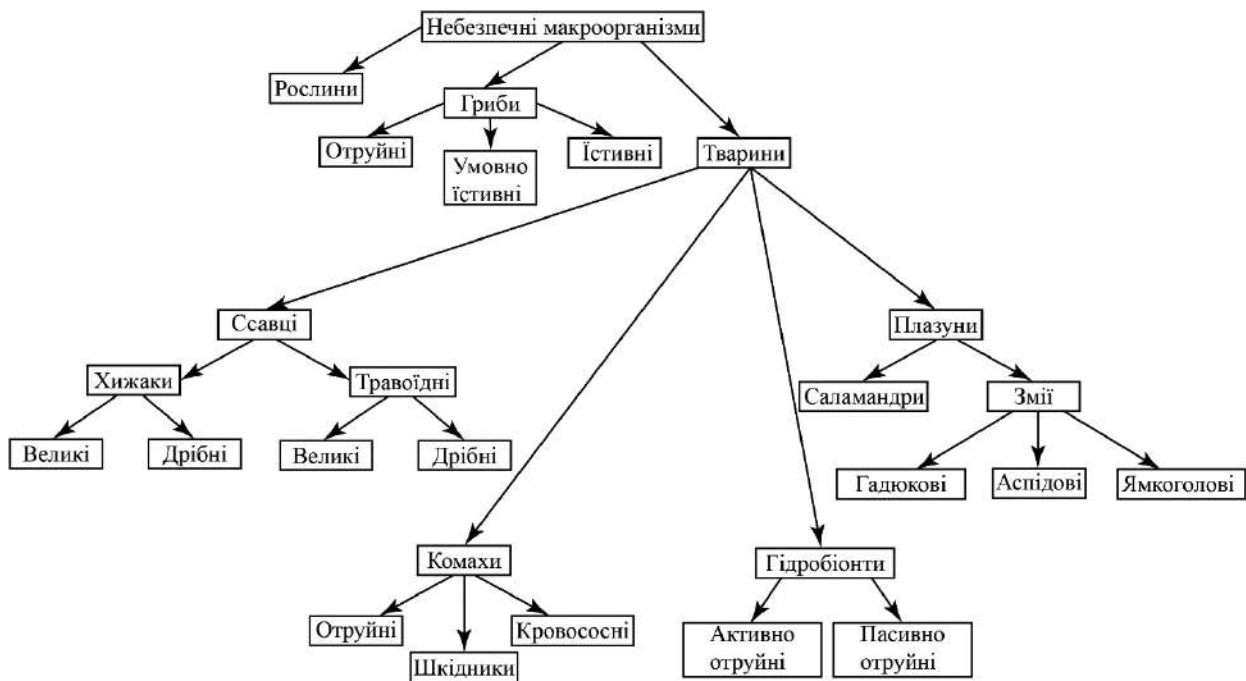


Рис. 2. Спрощена схема класифікації небезпечних для людини макроорганізмів

Представники іншої царини мікроорганізмів – гриби – являють собою традиційний продукт харчування у багатьох регіонах нашої країни. Гриби поділяють на їстівні, умовно їстівні, отруйні (рис. 2). В Україні виявлено 80 видів потенційно отруйних грибів, серед них десять – смертельно отруйні: бліда поганка, мухомори, хибна лисичка, несправжні опеньки, сатанинський гриб, сироїжка

пекучо-їдка, хрящ-молочник, гімнопілус, валуй помилковий, волоконниця Патуйяра. Смертельно отруйні трапляються переважно серед пластинчастих грибів, серед трубчастих як отруйний відомий лише один вид.

Умовно-їстівні гриби містять токсини, які руйнуються під час певних видів кулінарної обробки (наприклад, теплових) і тільки після них можуть вважатися

придатними до їжі. Але деякі з умовно-їстівних грибів, зокрема, свинушка, містять специфічні речовини, які не руйнуються під час обробки, накопичуються в організмі людини у випадку систематичного вживання і призводять до отруєнь, іноді зі смертельним кінцем.

Навіть їстівні гриби можуть виявитися причиною отруєння. Це відбувається у тих випадках, коли збирають та вживають гриби старі, перезрілі або після тривалого зберігання. Пояснюється це тим, що зібрані гриби стають поживним середовищем для різноманітних мікроорганізмів, зокрема, і хвороботворних. Тривале зберігання грибів, особливо в неналежних умовах, сприяє утворення і накопичення отруйних речовин внаслідок біохімічних реакцій розпаду білків тіла грибів.

Деякі види їстівних грибів (білі, опеньки, лисички, сироїжки) містять отруйні термонестійкі речовини, які руйнуються під час варіння. Тому вживання таких сирих, недоварених або недосмажених їстівних грибів може викликати отруєння або захворювання. Інша група їстівних грибів (зеленуха, гнояк, дубовик-синяк) містить отруйні речовини, які не розчиняються за впливу соків шлунково-кишкового тракту, і тому не шкодять людині. Однак такі речовини легко розчиняються алкоголем, тому при вживанні грибних страв разом із спиртними напоями може виникати отруєння з тяжкими наслідками.

Не слід забувати також, що всі дикоростучі гриби у процесі росту вбирають у себе шкідливі речовини, які містяться у ґрунті лісу: пестициди, важкі метали, радіонукліди.

Найбільша за чисельністю видів небезпечних мікроорганізмів – царина тварин (рис. 2). Усю сукупність цих живих істот доцільно поділити на групи за формами безпеки, яку вони створюють для людини.

Великі хижі звірі, для яких людина може стати здобиччю, представлені багатьма видами. З них потенційну небезпеку становлять бурий ведмідь, вовк, рись, здичавілі собаки.

Великі травоїдні тварини, які можуть завдати людині небезпечних для життя травм: дикий кабан, лось, олень, великі свійські тварини.

Дрібні хижаки і травоїдні являють собою розповсюджувачів інфекційних та інвазійних захворювань. Хижаки борсук, лисиця, здичавілі свійські тварини (собаки, коти) під час укусів можуть зі слиною передавати людині смертельно небезпечне вірусне захворювання – сказ. Дрібні травоїдні (щури, миші) не лише знищують і псують харчові запаси, а й залишають на них збудників небезпечних для людини інфекційних захворювань – туляремії, лептоспірозу, геморагічної гарячки з нирковим синдромом тощо. Розповсюджувати небезпечні інфекційні захворювання можуть також вуличні птахи, зокрема, голуби.

Традиційно небезпечними для людини вважають отруйних представників сімейства плазунів. Найвідоміші та найширше розповсюджені серед них змії сімейств гадюкових (звичайна, степова, чорна), ямкоголових (щитомордник), аспідових (кобри). Небезпечна на дотик саламандра плямиста, уся шкіра якої вкрита отруйними залозами.

Серед гідробіонтів виділяють тварин пасивно та активно отруйних. Пасивно отруйні – це тварини, які не мають органів активного нападу. Це риба зіркогляд, ікра риби марінка, деякі молюски. Їх небезпечна дія виявляється при споживанні або при контакті. Активно отруйні – це тварини, що мають органи нападу: скорпенові риби (морський їжак і дракон), скати (хвостокол), медузи, актинії.

Комахи являють собою найбільшу за чисельністю видів і особин сукупність небезпечних макроорганізмів. Небезпечні отруйні види перепончатокрылих: бджоли, оси, шершні, джмелі. Від їх жалення можуть виникнути місцеві та загальні реакції (токсичні й алергійні). Токсичні реакції виникають у випадку, коли людину одночасно жалять декілька десятків або сотень коммах.

Найтяжча форма алергійної реакції – це анафілактичний шок, який загрожує життю

людини. Одні з найнебезпечніших отруйних тварин – представники членистоногих: скорпіони, сольпуга, сколопендра, тарантул, каракурт, павук-хрестовик. Так, отрута каракурта у 15 разів сильніша за отруту гримучої змії.

Кровососні комахи завдають подвійної шкоди: вони паразитують, живлячись компонентами тіла людини, а також розносять небезпечні хвороби. Так, двокрилі комахи (комар, мошка, гедзь) є переносниками багатьох інфекційних та паразитарних захворювань: лихоманок, туляремії, малярії. Кровососні види мух (осіння жигалка, овід, сліпак) можуть бути переносниками сибірської язви та інших небезпечних хвороб. На людині паразитують лобкова, платтяна, головна воші. Це переносники збудників епідемічного висипного тифу, вошивого зворотного тифу, окопної лихоманки.

Ліжкові блохи – теж переносники окремих небезпечних хвороб людини. Серед кровососних комах найбільш поширені й небезпечні для здоров'я людини лісово-луговий та європейський лісовий кліщі. Вони живляться кров'ю ссавців і переносять збудників інфекційних хвороб. Так, іксодові кліщі переносять такі небезпечні захворювання:

- іксодовий кліщовий бореліоз (хвороба Лайма);
- кліщовий зворотний тиф;
- кліщовий вірусний енцефаліт;
- хвороба Укуніємі;

– лихоманки: геморагічна, Ку, Марсельська.

Шкідливі представники комах – мухи, таргани чорний і рудий – знищують і забруднюють харчові продукти збудниками туберкульозу, кишкових захворювань (дизентерії, черевного тифу, холери), гепатиту А, переносять яйця гельмінтів.

Необхідно мати на увазі й те, що господарська, військова діяльності людини, стихійні лиха, техногенні катастрофи, глобальні кліматичні процеси спричинює зміни ареалу мешкання живих істот, зокрема, й небезпечних макроорганізмів. Так, колишнього мешканця Криму – тарантула тепер зустрічають навіть у лісовій зоні півночі країни. Такі зміни і, особливо, розширення ареалів мешкання небезпечних біонтів створюють додаткові негативні виробничі фактори.

Висновки

Наявність величезної кількості небезпечних макроорганізмів створює необхідність визнання їх як негативного виробничого фактора біологічної природи із внесенням його до відповідних законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці, а також опрацювання спеціальної методичної та інструктивної документації.

Доцільним також слід вважати картографування і періодичний перегляд з уточненням ареалів мешкання небезпечних макроорганізмів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів : Закон України від 31 травня 2007 р. № 1103-V. *Відомості Верховної Ради України*. 2007. № 35. Ст. 484.
2. Про об'єкти підвищеної безпеки : Закон України від 18 січня 2001 р. № 2245-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2001. № 15. Ст. 73.
3. ДСТУ 7748:2015. Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги. [Чинний від 2016-01-01]. Київ : Державний науково-контрольний інститут біотехнології і штамів мікроорганізмів, 2015. 13 с.
4. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : Державні санітарні норми та правила. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 8 квітня 2014 р. № 248. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>.
5. Чернишенко Н. Ю. Отруйні рослини і рослинні отрути. *Біологія*. 2018. № 12. С. 10–18.
6. Сухомлин М. М., Джиган В. В. Гриби України : атлас-довідник. Київ : КМ-Букс, 2017. 240 с.
7. Горголь В. Т. Зоотоксикологічна характеристика отруйних тварин. *Український журнал дерматології, венерології, косметології*. 2008. № 4. С. 74–82.
8. Травматизм на виробництві в Україні у 2017 році : статистичний збірник. Київ : Держстат, 2018. 132 с.

REFERENCES

1. *Pro derzhavnu sy`stemu biobezpeky` pry` stvorenni, vy`probuvanni, transportuvanni ta vy`kory`stanni genety`chno modyfikovany`h organizmiv` : Zakon Ukrayiny` vid 31 travnya 2007 r. № 1103-V* [About the state system of biosafety in the creation, testing, transportation and use of genetically modified organisms : Law of Ukraine dated May 31, 2007 no. 1103-V]. *Vidomosti Verhovnoyi Rady` Ukrayiny`* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 2007, no. 35, art. 484. (in Ukrainian).
2. *Pro ob'yekty` pidvy`shhenoyi nebezpeky` : Zakon Ukrayiny` vid 18 sichnya 2001 r. № 2245-III* [About objects of increased danger : Law of Ukraine dated January 18, 2001 no. 2245-III]. *Vidomosti Verhovnoyi Rady` Ukrayiny`* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 2001, no. 15, art. 73. (in Ukrainian).
3. DSTU 7748:2015. *Bezpeka praci. Biologichna bezpeka. Zagal`ni vy`mogy`* [SSTU 7748:2015. Labor safety. Biological safety. General requirements]. [Effective from 2016-01-01]. Kyiv : State Scientific Control Institute of Biotechnology and Strains of Microorganisms Publ., 2015, 13 p. (in Ukrainian).
4. *Gigiyenichna klasyfikaciya praci za pokazny`kamy` shkidly`vosti ta nebezpechnosti faktoriv vy`robny`chogo seredovy`shha, vazhkosti ta napruzhenosti trudovogo procesu` : Derzhavni sanitarni normy` ta pravy`la* [Hygienic classification of work according to indicators of harmfulness and dangerous factors of the production environment, difficulty and intensity of the labor process : State sanitary norms and rules]. *Nakaz ministerstva ohorony` zdorov'ya Ukrayiny` vid 8 kvitnya 2014 r. № 248* [Order of the Ministry of Health of Ukraine dated April 8, 2014, no. 248]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>. Accessed 01 July 2022. (in Ukrainian).
5. Cherny shenko N.Yu. *Otrujni rosly`ny` i rosly`nni otruty`* [Poisonous plants and plant poisons]. *Biologiya* [Biology]. 2018, no. 12, pp. 10–18. (in Ukrainian).
6. Sukhomly`n M.M. and Dzhagan V.V. *Gry`by` Ukrayiny` : atlas-dovidny`k* [Mushrooms of Ukraine : atlas-handbook]. Kyiv : KM-Books Publ., 2017, 240 p. (in Ukrainian).
7. Gorgol` V.T. *Zootoksy`nologichna haraktery`sty`ka otrujny`h tvary`n* [Zootoxicological characteristics of poisonous animals]. *Ukrayins`ky`j zhurnal dermatologiyi, venerologiyi, kosmetologiyi* [Ukrainian Journal of Dermatology, Venereology, Cosmetology]. 2008, no. 4, pp. 74–82. (in Ukrainian).
8. *Travmaty`zm na vy`robny`ctvi v Ukrayini u 2017 roci` : staty`sty`chny`j zbirny`k* [Occupational injuries in Ukraine in 2017 : statistical collection]. Kyiv : State Statistics Service Publ., 2018, 132 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 16.09.2022.

УДК 613.636

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.43.890

ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ З БІОЛОГІЧНИМИ АГЕНТАМИ

ЗУБАРЕВА І. М.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

МІТІНА Н. Б.², канд. техн. наук, доц.,

МАЛИНОВСЬКА Н. В.³, ст. викл.

^{1*} Кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології, Дніпровський національний університет ім. Олесея Гончара, вул. Планетна, 1А, 49098, Дніпро, Україна, e-mail: microviro@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8160-6519

² Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності. Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, 49094, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5384-7040

³ Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, 49094, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

Анотація. Постановка проблеми. Проведено роботу з виявлення і розподілення по групах різних видів аварійних ситуацій, які можливі в лабораторіях під час виконання процедур із різними біологічними агентами. Доведено необхідність дотримання чітко регламентованих правил безпечної роботи з різними біологічними об'єктами в лабораторних установах. **Мета** – визначити правила безпечної роботи з різними біологічними агентами в умовах лабораторій різного рівня безпеки. **Методика.** Аналітичні методи, узагальнювальні підходи до інформації, представленої в нормативних документах, літературних та інших інформаційних джерелах. **Результати.** Вивчено правила безпечної роботи і техніки проведення відповідних лабораторних робіт із біологічними об'єктами. Досліджено основні ознаки ризиків роботи за міжнародною класифікацією мікроорганізмів. Вивчено характеристики кожної групи небезпек, а також наведено приклади видів мікроорганізмів, віднесених до певної групи ризиків. Наведено класифікаційну характеристику чотирьох типів мікробіологічних лабораторій за рядом ознак. Установлено, що рівень біологічної безпеки лабораторій залежить від групи ризику мікроорганізмів. Визнано, що виконання правил безпечної роботи з різними біологічними агентами в лабораторних умовах забезпечується використанням необхідного і обов'язкового, для певного рівня лабораторії, обладнання. Аргументовано, що можливість виконання правил біологічної безпеки в лабораторіях різних рівнів ґрунтується на оцінюванні біологічних ризиків у певних умовах даної лабораторної установи. Розроблено покрокову процедуру оцінювання біологічних ризиків у певній лабораторії, яку представлено у вигляді блок-схеми. **Наукова новизна.** Проаналізовано та узагальнено наукову і нормативну інформацію щодо правил безпечної роботи з біологічними агентами в лабораторних умовах. Запропоновано певну послідовність дій для оцінювання біологічних ризиків у певних лабораторних установах. **Практична значимість.** Обґрунтовано практичну можливість і необхідність керування біологічними ризиками в лабораторних умовах різних рівнів біологічної безпеки.

Ключові слова: біологічні об'єкти; патогенні агенти; правила безпечної роботи; класифікація мікроорганізмів; групи ризиків

GENERAL RULES FOR SAFE WORK WITH BIOLOGICAL AGENTS

ZUBAREVA I.M.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

MITINA N.B.², *Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.*,

MALYNOVSKA N.V.³, *Senior Lect.*

^{1*} Department of Microbiology, Virology and Biotechnology, Dnipro National University named after O. Honchara, 1A, Planetna Str., Dnipro, 49098, Ukraine, e-mail: microviro@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8160-6519

² Department of Occupational Health and Life Safety, SHEI “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5384-7040

³ Department of Occupational Health and Life Safety, SHEI “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

Abstract. Problem statement. The work was carried out on the identification and distribution by groups of various types of emergency situations that are possible in laboratories when performing procedures with various biological

agents. The need to observe clearly regulated rules for safe work with various biological objects in laboratory institutions is proved. **The purpose of the article.** Determine the rules for safe work with various biological agents in laboratory conditions of different security levels. **Method.** Analytical methods, generalizing approaches to information presented in regulatory documents, literary and other information sources. **Results.** Existing and previously developed rules for safe work and techniques for appropriate laboratory work with biological objects are studied. The main signs of work risks according to the international classification of microorganisms are investigated. The characteristics of each hazard group are studied and examples of microbial species assigned to a particular risk group are given. The classification characteristics for four types of microbiological laboratories according to a number of features are given. It was established that the level of laboratories' biological safety depends on the risk group of microorganisms. It is recognized that compliance with the rules of safe work with various biological agents in laboratory conditions is ensured by the use of necessary and mandatory equipment for a certain level of the laboratory. It is argued that the possibility of implementing biological safety rules in laboratories of different levels is based on the assessment of biological risks in certain conditions of a given laboratory institution. A step-by-step procedure for assessing biological risks in a certain laboratory has been developed, which is also presented in the form of a block diagram. **Scientific novelty.** Scientific and normative information on the rules of safe work with biological agents in laboratory conditions is analyzed and summarized. A defined sequence of actions for biological risk assessment in certain laboratory settings is proposed. **Practical value.** The practical possibility and necessity of managing biological risks in laboratory conditions of different biological safety levels is substantiated.

Keywords: *biological objects; pathogenic agents; rules of safe work; classification of microorganisms; risk groups*

Постановка проблеми. У зв'язку з розвитком біотехнологічної галузі створюються нові наукові центри, нові лабораторні установи, які працюють з різними біологічними агентами. Робота як із патогенними, так і сапрофітними (не патогенними) об'єктами має певні особливості. Необхідно не тільки захистити працівників від імовірного негативного впливу, особливо патогенних мікроорганізмів, а і попередити можливе потрапляння біологічних об'єктів у навколишнє середовище, тобто за межі лабораторій. Наразі виявлено і розподілено по групах різні види аварійних ситуацій, які спостерігались у лабораторіях під час роботи з біологічними агентами:

- нещасний випадок (проливання, розбризкування, розбризкування з голки та шприца, порізи гострими предметами та розбиття посуду, укуси та подряпини, аспірація піпеткою, непередбачені ситуації);
- розбризкування під час обслуговування та розтину лабораторних тварин;
- робота зі збудником;
- контакт із забрудненими клінічними зразками;
- контакт із відпрацьованим посудом;
- умисне інфікування;
- виділення шкідливих аерозолів (відомих);
- невідомі ситуації [1; 2].

Для попередження вказаних та інших можливих аварійних ситуацій необхідно користуватись чітко регламентованими правилами.

Мета дослідження – визначення правил безпечної роботи з різними біологічними агентами в лабораторних умовах.

Матеріали та методи досліджень. Спільну роботу виконано у межах науково-дослідної лабораторії на кафедрі мікробіології, вірусології та біотехнології Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара та кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Українського державного хіміко-технологічного університету. В ході виконання роботи проводили аналіз нормативних документів, літературних та інших інформаційних джерел.

Результати дослідження та їх обговорення. Розроблені правила безпечної роботи і техніки проведення відповідних лабораторних робіт періодично переглядаються і удосконалюються. В результаті сформовано узагальнювальну систему принципів біологічної безпеки для лабораторних робіт, яка ґрунтується на класифікації мікроорганізмів по групах ризику.

Міжнародна класифікація мікроорганізмів проводилась за такими основними ознаками: 1) патогенність організму; 2) шляхи передачі та джерела інфекції з урахуванням існуючих рівнів

імунізації місцевого населення, щільності і переміщення інфікованого населення, наявності відповідних переносників інфекції та норм санітарного стану довкілля; 3) можливі хазяїни; 4) доступність і ефективність профілактичних заходів на місцях [3].

Згідно з міжнародною класифікацією мікроорганізмів сформовано чотири відповідні групи ризиків роботи з різними мікроорганізмами [3–5]. До 1-ї групи належать мікроорганізми, які потенційно не вважаються збудниками хвороб людей та тварин. Наприклад: *Bacillus subtilis*, *Naegleria gruberi*, вірус собачого гепатиту та інші. Група ризику 1 характеризується відсутністю або низькою індивідуальною і суспільною небезпекою. Група 2 об'єднує патогенні мікроорганізми, які можуть спричинити захворювання людей або тварин, але не становлять серйозного ризику для працівників лабораторії, населення, свійської худоби або довкілля.

Необережне поводження персоналу лабораторії з мікробною культурою чи біоматеріалом може викликати серйозну інфекцію, але існують доступні лікарські та профілактичні заходи, які попереджують ризик поширення таких інфекцій.

Представниками групи ризику 2 вважають, наприклад, такі мікроорганізми як *Salmonellae spp.*, *Toxoplasma spp.*, збудник гепатиту В та кору, інші. В цілому, група ризику 2 відзначається помірною індивідуальною небезпекою та низьким суспільним ризиком.

Група ризику 3 характеризується високою індивідуальною небезпекою та низьким суспільним ризиком. Група включає патогенні агенти, які зазвичай спричиняють серйозні захворювання людей або тварин, але не передаються від інфікованої особи до здорової. Розроблені та впроваджені до практичної реалізації ефективні лікувальні та профілактичні заходи щодо патогенних агентів даної групи: *Mycoplasma tuberculosis*, *Coxiella burnetti*.

Група ризику 4 становить високу індивідуальну і суспільну небезпеку (*Yersinia pestis*, віруси Марбургата Ебола, Ріфт-Валлі, Ласса, Хуанін, Мачупо, інші), які здатні викликати серйозні захворювання людей, тварин, легко поширюватися від хворого до здорового організму прямо чи опосередковано. Ефективні лікувальні та профілактичні заходи в більшості випадків відсутні.

ВООЗ на основі класифікаційних характеристик мікроорганізмів по групах ризику поділяє всі мікробіологічні лабораторії за такими показниками: призначення лабораторії; планування лабораторного приміщення; обладнання та засоби, які планують використовувати; практики і оперативні процедури, необхідні для роботи з агентами, що належать до різних груп ризику [3].

Згідно з указаними ознаками виділяють чотири типи лабораторій: базовий рівень біобезпеки 1 (BSL-1), базовий рівень біобезпеки 2 (BSL-2), ізолюваний рівень біобезпеки 3 (BSL-3) і максимально ізолюваний рівень біобезпеки 4 (BSL-4) [3–5]. У таблиці 1 показано залежність рівня біобезпеки лабораторій від рівня ризику під час роботи з відповідними групами мікроорганізмів [5].

Відповідно до таблиці 1 лабораторії різних рівнів біологічної безпеки відрізняються між собою за ознаками загальних та спеціальних вимог [3–6]. Порівняльна детальна характеристика вказаних чотирьох типів лабораторій [3; 4] свідчить, що виконання правил безпечної роботи з різними біологічними агентами в лабораторних умовах забезпечується використанням необхідного та обов'язкового обладнання. В таблиці 2 наведено вимоги до обладнання в лабораторіях різних рівнів безпеки [3; 8].

Таким чином, для встановлення рівня біологічної безпеки слід урахувати біологічний агент (особливо патогенний) та обладнання, необхідне для практичної роботи, і потрібні процедури безпечного проведення робіт у лабораторії.

Таблиця 1

Залежність рівня біологічної безпеки лабораторій від групи ризику мікроорганізмів

Група ризику	Рівень біобезпеки	Тип лабораторії	Захисне обладнання	Особливості лабораторного захисту
1	Базовий рівень біологічної безпеки 1	Базові навчальні та дослідні	Відсутнє	Застосування «правильних мікробіологічних технік» (ПМТ)
2	Базовий рівень біологічної безпеки 2	Бактеріологічні, лікувальних закладів; діагностичні, дослідні	Бокс біологічної безпеки (БББ)	Застосування ПМТ у поєднанні із захисним одягом та маркуванням біобезпеки
3	Ізольований рівень біологічної безпеки 3	Спеціальні діагностичні та дослідні лабораторії	БББ та інші засоби первинного захисту	Застосування ПМТ у поєднанні із спеціальним одягом, маркуванням біобезпеки, контрольованим доступом та спрямованим потоком повітря
4	Максимально ізольований рівень біологічної безпеки 4	Відділи особливо небезпечних збудників	БББ III класу, позитивний тиск на вході, або БББ II класу, позитивний тиск на вході та подвійні двері, автоклав, фільтрування повітря на виході	Застосування ПМТ у поєднанні із спеціальним одягом, маркуванням біобезпеки, контрольованим доступом та спрямованим потоком повітря, наявність передбоксіка, приймання душу перед виходом та спеціальна утилізація відходів

Таблиця 2

Зведені вимоги до обладнання в лабораторіях різних рівнів безпеки

Вимоги до обладнання	Рівень біологічної безпеки			
	1	2	3	4
Ізоляція лабораторії	Ні	Ні	Так	Так
Герметичні камери для знезараження	Ні	Ні	Так	Так
Вентиляція:				
– припливна	Ні	Бажано	Так	Так
– контрольована	Ні	Бажано	Так	Так
– з НЕРА фільтрами на виході	Ні	Ні	Так/Ні	Так
Вхід у вигляді бокса	Ні	Ні	Так	Так
Повітряний бокс	Ні	Ні	Ні	Так
Повітряний бокс із душем	Ні	Ні	Ні	Так
Тамбур	Ні	Ні	Так	Так
Тамбур із душем	Ні	Ні	Так/Ні	Ні
Обробка стічних вод	Ні	Ні	Так/Ні	Так
Автоклав:				
– на місці роботи	Ні	Бажано	Так	Так
– в приміщенні лабораторії	Ні	Ні	Бажано	Так
– автоклав із двома кришками	Ні	Ні	Бажано	Так
Бокси біологічної безпеки	Ні	Бажано	Так	Так
Індивідуальні засоби контролю безпеки	Ні	Ні	Бажано	Так

Можливість виконання правил біологічної безпеки у лабораторіях різних рівнів ґрунтується на оцінюванні біологічних ризиків у певних умовах даної лабораторної установи [9]. А вже на основі одержаних результатів слід розробити, затвердити та схвалити стратегію щодо

керування такими ризиками. Оцінювання ризику визначається як процедура, що аналізує певний процес чи ситуацію з метою визначення ймовірності її виникнення та наслідків у разі настання певної несприятливої події [10]. Подібна процедура унікальна для кожної лабораторії. Тому її

необхідно виконувати щоразу, коли в лабораторії проводиться:

- впровадження нового виду робіт або змінюється програма діяльності, включаючи впровадження нових біологічних агентів або переобладнання робочого потоку чи зміну його об'єму;

- нове будівництво або модифікації для лабораторій, устаткування та обладнання або його експлуатації [9].

Оцінюючи ризик, необхідно враховувати рівень біологічної безпеки даної лабораторії, особливості й рівень патогенності біологічного агента [11]. Важливо не тільки встановити наявність певного ризику, а й надати його детальну характеристику. Оцінювання ризику повинне бути якісним та кількісним. Так, розрізняють ризик високий або низький, прийнятний чи неприйнятний. Необхідно також визначити, які ризики повинні контролюватися або бути зведені до мінімуму.

Наразі стандартного підходу до проведення оцінювання ризику не розроблено, тому таку процедуру рекомендовано виконувати покроково.

1. Виявити небезпеки, властиві даній лабораторії, проаналізувати та задокументувати їх. При цьому враховувати, що під час проведення робіт у лабораторії на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- біологічні (мікроорганізми: бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, хламіді, гриби, гельмінти, найпростіші, ін., та продукти їх життєдіяльності; макроорганізми (тварини, людина) і продукти їх життєдіяльності; культури клітин і тканин, генетичні фрагменти, діагностичні препарати тощо;

- хімічні (реактиви, дезінфекційні засоби, канцерогенні, подразнювальні, сенсibilізувальні, мутагенні, алергенні, ін.;

- механічні (виробниче обладнання, що працює під тиском (автоклави, стерилізатори), центрифуги, лабораторне скло, різальний, колючий інструментарій, ін.);

- фізичні (електричний струм, ультрафіолетове, електромагнітне випромінювання, недостатня освітленість робочої зони, відхилення показників вологості і температури робочої зони від

установлених норм, підвищена або знижена рухомість повітря, підвищений вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони, підвищений шум, гаряча вода та пара; людські (психофізіологічні (перевантаження персоналу), акти вандалізму та ін.; пожежонебезпека [9; 12]. Під час ідентифікації небезпеки необхідно враховувати результати зовнішніх і спеціалізованих експертиз, результати попередніх оцінювань, настанови з практики, державні стандарти України та інші керівництва.

2. Визначити, кому може бути заподіяно шкоди і яким чином.

3. Оцінити ризики та визначити запобіжні заходи. Оцінюючи ризики для відповідної лабораторії, слід враховувати:

- рівень бактеріального навантаження матеріалів, життєздатність мікроорганізмів, шляхи передачі;

- можливість утворення інфекційних аерозолів під час роботи з матеріалами та проведення маніпуляцій, необхідних для виконання кожної процедури;

- кількість операцій у кожній методиці, потенційно здатних спричинити утворення аерозолів;

- робоче навантаження лабораторії та окремих співробітників;

- місце знаходження лабораторії;

- епідеміологічну ситуацію в регіоні та контингент пацієнтів, які обслуговуються цією лабораторією;

- рівень досвіду, кваліфікацію, стан здоров'я персоналу лабораторії [13].

Оцінювання ризиків рекомендовано проводити за напрямками:

1) визначення придатності фізичної інфраструктури;

2) оцінювання рівня кваліфікації персоналу в додержанні правил техніки безпеки;

3) оцінювання технічного стану обладнання для забезпечення безпеки.

Всю процедуру оцінювання ризиків біологічної небезпеки у лабораторії обов'язково оформлювати документально [11; 12]. Це полегшить проведення контрольних заходів щодо дотримання правил безпечної праці, процедури стосовно розслідування можливих негативних

ситуацій, роботу з проведення профілактичних заходів та складання звітів тощо.

Важливість заходів щодо оцінювання біологічних ризиків в умовах даної лабораторії полягає в тому, що з'являється можливість не тільки контролювати дотримання правил безпечної праці співробітниками лабораторії. Особливо значимою постає можливість керувати біологічними ризиками. Так, пропонується алгоритм дій з управління біологічними ризиками, який наведено схематично (рис. 1) [9].

Процес керування біологічними ризиками передбачає визначення: кваліфікованої особи, яка буде ініціювати дії, спрямовані на запобігання або зменшення несприятливих наслідків ризику; здійснюватиме контроль за зменшенням ризиків до прийняттого рівня;

ідентифікуватиме та реєструватиме будь-які проблеми, що стосуються управління ризиками; відповідатиме за виконання усіх вимог для зменшення біологічних ризиків.

Усі обов'язки та вимоги повинні бути визначені та задокументовані для всіх осіб, задіяних у даному процесі; ресурсів (люди, бюджет); графіка виконання робіт; деталей їх виконання та перевірок. Виконуючи подібну роботу, слід урахувувати, що базові компоненти системи біобезпеки вже представлені в рекомендаціях ВООЗ та містять фізичний захист, особисту біобезпеку персоналу, мікробіологічні техніки, лабораторне устаткування, транспортний біозахист, інформаційну охорону біоматеріалів, організацію і тренінги персоналу [9]. Усі вони використовуються сукупно для керування ризиками, що існують у мікробіологічних лабораторіях.

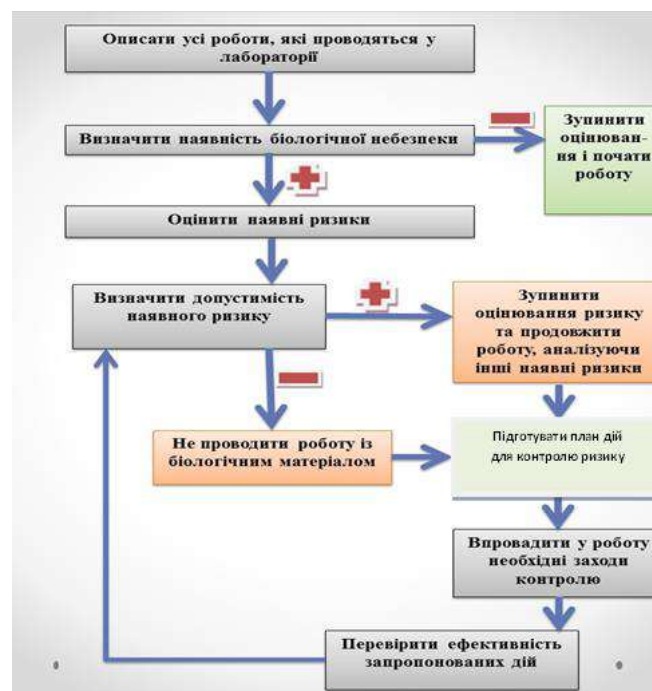


Рис. 1. Послідовність дій з керування біологічними ризиками

При цьому виділяють чотири основні напрямки контролю біологічної безпеки:

1. *Адміністративний контроль.* Упроваджується шляхом створення наглядових державних органів, підбору кваліфікованого персоналу, регулярного навчання та підвищення обізнаності працівників щодо безпечних і правильних технік роботи з мікроорганізмами,

використання захисних засобів, профілактичних щеплень і оглядів та ін.

2. *Оперативний контроль.* Запроваджується шляхом імплементації Стандартних оперативних процедур (SOP). До них відносять не лише «правильні мікробіологічні практики» (GMP), а і дезінфекцію, стерилізацію, правильне транспортування, загальні правила безпеки,

правила зберігання, протоколи поведінки в аварійних ситуаціях, ін.

3. *Інженерний контроль*. Складається з фізичних властивостей лабораторії: бар'єрів, системи вентиляції, системи каналізації, обладнання та сертифікації, фізичного захисту (система сигналізації, обмежений доступ, система автоматичного закривання дверей, система ідентифікації персоналу).

У свою чергу інженерний контроль поділяють на три рівні:

– первинний рівень захисту полягає в ізоляції біологічного матеріалу в спеціальних контейнерах або боксах біобезпеки I, II або III класів. У разі інфікування тварин – їх утримання в спеціально обладнаних кімнатах, де всі відходи та повітря очищаються шляхом фільтрації;

– вторинний рівень захисту передбачає інактивацію та видалення всіх інфікованих матеріалів після роботи з ними;

– третинний рівень захисту означає запобігання контакту біологічного матеріалу з чутливою особою шляхом їх фізичного розмежування.

4. *Особисті захисні засоби*, передбачають захист тіла (спеціальний одяг), рук (рукавички), очей та дихальної системи (окуляри, респіратори).

Висновки.

Проаналізовано та узагальнено наукову і нормативну інформацію щодо правил безпечної роботи з біологічними агентами у лабораторних умовах. Запропоновано певну послідовність дій для оцінювання біологічних ризиків у певних лабораторних установах. Обґрунтовано практичну можливість і необхідність керування біологічними ризиками в лабораторних умовах різних рівнів біологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боровик Р. В., Дмитриев Г. А. и др. Основы биологической безопасности : принципы и практика : учеб.-метод. пособ. Москва : Изд-во «Медицина для вас», 2008. 303 с. URL: <https://ppt-online.org/472686>
2. Данілова І. С. Сучасні проблеми та основи біобезпеки під час роботи зі збудниками інфекційних хвороб у галузі ветеринарної медицини. *Ветеринарна медицина*. 2014. № 98. С. 11–15. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/3570/zbirnyktezvseukrayinskoyinaukovo>
3. Практическое руководство по биологической безопасности в лабораторных условиях. 3-е изд. Женева : Всемирная организация здравоохранения, 2004. 201 с. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/85455>
4. Відповідальні медико-біологічні дослідження у глобальній безпеці системи охорони здоров'я : методичний документ. Женева : ВООЗ, 2010. 70 с. URL: <http://www.bsseducation.com.ua/sites/default/files>
5. Зубарева І. М., Мітіна Н. Б. Аспекти біологічної безпеки біотехнологічних лабораторій закладів освіти. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2021. № 16, part 2. Pp. 141–152. URL: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit16-03/meit16-03>
6. Онищенко Г. Г., Пальцев М. А., Зверев В. В. [и др.]. Биологическая безопасность. Москва : Изд-во «Медицина», 2006. 304 с. URL: <http://biosafety.nsu.ru/Biosafety/Netesov-Biosafety>
7. Абрахам Д., Адлер М., Алдерман Л. и др. Биологическая безопасность в микробиологических и биомедицинских лабораториях. Вашингтон : Типография Правительства США, 2007. 360 с.
8. Поводзинський В. М. Безпечність та технологічна гігієна у виробництві активних фармацевтичних інгредієнтів. *Технологический аудит и резервы производства*. 2013. № 3. С. 11–14. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN
9. Голубнича В. М., Погорелов М. В., Корнієнко В. В. Біобезпека та біозахист у біологічних лабораторіях 1-го та 2-го рівнів біобезпеки : монографія. Суми : Сумський державний університет, 2016. 123 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/141450992>.
10. Нетёсов С. В. Современные принципы биологической безопасности в лабораторных условиях. Биотехнология новых материалов и окружающая среда. Красноярск, 2012. 42 с. URL: <http://tube.sfu-kras.ru/video/1236>.
11. Про затвердження державних санітарних норм і правил. Організація роботи лабораторій при дослідженні матеріалу, що містить біологічні патогенні агенти I–IV груп патогенності молекулярно-генетичними методами : наказ МОЗ України № 26 від 24.01.2008 р. URL: <https://xn--80aagahqwiyibe8an.com/download/nakaz-24012008-pro-zatverdjenjnya-derjavnih-2008-63397.html>
12. ДСП 9.9.5-080-2002. Правила влаштування і безпеки роботи у лабораторіях (відділах, відділеннях) мікробіологічного профілю. Вид. офіц. Київ : МОЗ України, Державна санітарно-епідеміологічна служба, 2002. 39 с. URL: <https://dnaop.com/html/3108/doc-%D0%94%D0%A>
13. Чекан Л. В., Тюрин Е. А., Маринин Л. И. К вопросу оценки уровня профессионализма у сотрудников микробиологических лабораторий. *Биозащита и биобезопасность*. 2012. Т. IV, № 2 (11). С. 10–14. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnyy-risk-sotrudnikov-mikrobiologicheskikh-laboratoriy-i-mery-po-ego-snizheniyu>

REFERENCES

1. Borovyk R.V., Dmytryev H.A., Kolombet L.V. and oth. *Osnovy byolohycheskoi bezopasnosti : pryntsypy y praktyka : uchebno-metodycheskoe posobyе* [Fundamentals of Biosafety : Principles and Practice : Educational and Methodological Guide]. Moscow : Publishing House “Medicine for you”, 2008, 303 p. (in Russian).
2. Danilova I.S. *Suchasni problemy ta osnovy biobezpeky pid chas roboty zi zbudnykamy infektsiinykh khvorob u haluzi veterynarnoi medytsyny* [Modern problems and basics of biosafety when working with pathogens of infectious diseases in the field of veterinary medicine]. *Veterynarna Medytsyna* [Veterinary Medicine]. 2014, no. 98, pp. 11–15. (in Ukrainian).
3. *Praktycheskoe rukovodstvo po byolohycheskoi bezopasnosti v laboratornykh uslovyiakh* [A practical guide to biological safety in laboratory conditions]. 3rd ed. Zheneva : World Health Organization, 2004, 201 p. (in Ukrainian).
4. *Vidpovidalni medyko-biolohichni doslidzhennia u hlobalnii bezpetsi systemy okhorony zdorovia : metodychnyi dokument* [Responsible biomedical research in global health system security : a policy document]. Zheneva : VOOZ, 2010, 70 p. (in Ukrainian).
5. Zubareva I.M. and Mitina N.B. *Aspekty biolohichnoi bezpeky bioekhnolohichnykh laboratorii zakladiv osvity* [Aspects of biological safety of biotechnological laboratories of educational institutions]. *Modern engineering and innovative technologies* [Modern Engineering and Innovative Technologies]. 2021, no. 16, part 2, pp. 141–152. (in Ukrainian).
6. Onyshchenko H.H., Paltsev M.A., Zverev V.V. and oth. *Byolohycheskaia bezopasnost* [Biological safety]. Moscow : OJSC “Medytsina Publishing House”, 2006, 304 p. (in Russian).
7. Abrakham D., Adler M., Alderman L. and oth. *Byolohycheskaia bezopasnost v mykrobiolohycheskykh y byomedytsynskykh laboratoriiakh* [Biological safety in microbiological and biomedical laboratories]. Washington : USA Government Printing Office, 2007, 360 p. (in Russian).
8. Povodzynskiy V.M. *Bezpechnist ta tekhnolohichna hihiiena u vyrobnytstvi aktyvnykh farmatsevtichnykh inhrediientiv* [Safety and technological hygiene in the production of active pharmaceutical ingredients]. *Tekhnolohycheskyi audyt y rezervy proyzvodstva* [Technological Audit and Production Reserves]. 2013, no. 3, pp. 11–14. (in Ukrainian).
9. Holubnycha V.M., Pohorielov M.V. and Korniienko V.V. *Biobezpeka ta biozakhyt u biolohichnykh laboratoriiakh 1-ho ta 2-ho rivniv biobezpeky : monohrafiia* [Biosafety and bioscientist in biological laboratories of the 1st and 2nd equals in biosecurity : monograph]. Sumy : Sumy State University, 2016, 123 p. (in Ukrainian).
10. Netësov S.V. *Sovremennyye pryntsypy byolohycheskoi bezopasnosti v laboratornykh uslovyiakh* [Modern principles of biological safety in laboratory conditions]. *Byotekhnolohyia novykh materiyalov y okruzhaiushchaia sereda* [Biotechnology of New Materials and the Environment]. Krasnoyarsk, 2012, 42 p. (in Russian).
11. *Pro zatverdzhennia derzhavnykh sanitarnykh norm i pravyl. Orhanizatsiia roboty laboratorii pry doslidzhenni materialu, shcho mistyt biolohichni patohenni ahenty I–IV hrup patohennosti molekuliarno-henetychnymy metodamy : nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy № 26 vid 24.01.2008 h* [About the approval of state sanitary norms and rules. Organization of the work of laboratories with the help of the material, which can avenge the biological pathogenic agents of I–IV groups of pathogenicity by molecular genetic methods : order of the Ministry of Health of Ukraine no. 26 dated January 24, 2008]. (in Ukrainian).
12. *DSP 9.9.5-080-2002. Pravyla vlashtuvannia i bezpeky roboty u laboratoriiakh (viddilakh, viddilenniakh) mikrobiolohichnoho profiliu* [SSR 9.9.5-080-2002. Rules of authority and safety of work in laboratories]. The publication is official. Kyiv : Ministry of Health of Ukraine, State Sanitary and Epidemiological Service, 2002, 39 p. (in Ukrainian).
13. Chekan L.V., Tiurnyn Ye.A. and Marynyn L.I. *K voprosu otsenky urovnia professyonalizma u sotrudnykov mykrobiolohycheskykh laboratorii* [On the issue of assessing the level of professionalism of employees of microbiological laboratories]. *Byozashchyta y byobezpeka* [Biosecurity and Biosafety]. 2012, vol. IV, no. 2 (11), pp. 10–14. (in Russian).

Надійшла до редакції: 07.09.2022.

УДК 721.012

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.51.891

АКТУАЛЬНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ КІНОСТУДІЙНИХ ПРОСТОРІВ З УРАХУВАННЯМ ПОТРЕБ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП ТА ОСІБ ІЗ ВАДАМИ ЗОРУ

КОМАРОВ К. О.^{1*}, канд. арх., доц.,

КОМАРОВ М. О.², аспір.

^{1*} Кафедра архітектурних конструкцій, Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури, Вознесенський узвіз, 20, 02000, Київ, Україна, тел: +38 (068) 702-76-84, e-mail: k.o.komarov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5024-2233

² Кафедра теорії, історії архітектури та синтезу мистецтв, Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури, Вознесенський узвіз, 20, 02000, Київ, Україна, тел: +38 (068) 592-92-61, e-mail: mykhailo.komarov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7977-7095

Анотація. Постановка проблеми. Наразі в Україні діють дві великі кіностудії, створені ще у першій половині ХХ століття – Одеська та Київська ім. О. Довженка. На момент будівництва вони розташовувались поза містом, однак, станом на 2022 рік, в результаті органічного урбаністичного розвитку міст опинились практично в їх центрах. Відтак, у центральних районах міст розміщені об'єкти з історичною спадщиною, зеленими зонами, які, втім, мають обмежений доступ для містян, і особливо для маломобільних груп. **Мета та завдання дослідження.** Основна мета роботи – визначення актуальних шляхів використання кіностудійних просторів з урахуванням маломобільних груп населення та осіб із вадами зору. Завданням дослідження став аналіз діяльності кіностудій у структурі міста та виявлення й класифікація методів адаптації просторів до більш актуального використання комплексів та територій для їх активації в міському середовищі. **Висновки.** Керівництва державних кіностудій України намагаються самостійно актуалізувати функціональне наповнення своїх студій. Однак більшість таких модернізацій мають скоріше хаотичний характер. Відтак є необхідність розроблення цілісної стратегії функціональної актуалізації для кожної державної кіностудії з урахуванням її наповнення, розташування в структурі міста та функціонального оточення. Це дозволить перетворити пасивні закриті виробничі зони в центральних районах міст на частково відкриті активні рекреаційно-креативні простори та урбаністичні культурні вузли.

Ключові слова: кіностудії; маломобільні групи; незорове сприйняття; урбаністичні простори

ACTUAL WAYS OF USING FILM STUDIO SPACES WITH CONSIDERATION OF THE NEEDS OF PEOPLE WITH REDUCED MOBILITY AND THE VISUALLY IMPAIRED

KOMAROV K.O.^{1*}, *Cand. Sc. (Arch.), Assoc. Prof.*,

KOMAROV M.O.², *Postgrad. Stud.*

^{1*} Department of Architectural Structures, National Academy of Fine Arts and Architecture, 20, Voznesenskyi Descent, Kyiv, 02000, Ukraine, tel. +38 (068) 702-76-84, e-mail: k.o.komarov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5024-2233

² Department of Theory, History of Architecture and Synthesis of Arts of the National Academy of Fine Arts and Architecture, 20, Voznesenskyi Descent, Kyiv, 02000, Ukraine, tel. +38 (068) 592-92-61, e-mail: mykhailo.komarov@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7977-7095

Abstract. Problem statement. As of 2022, there are two large film studios in Ukraine, created in the first half of the 20th century – Odesa film studio and the one in Kyiv named after O. Dovzhenka. At the time of construction, they were located outside the city, however, as of 2022, as a result of the organic urban development of the cities, studios found themselves practically in the centers of the cities. Therefore, in the central areas of cities there are objects with historical heritage, green zones, which, however, have limited access for citizens, and especially for groups with reduced mobility. **The purpose of the article.** The main goal of the work is to determine the actual ways of using film studio spaces, taking into account groups of the population with limited mobility and people with visual impairments. The task of the research is to analyze the activity of film studios in the structure of the city and to identify and classify methods of adapting spaces to a more relevant use of complexes and territories in order to activate them in the urban environment. **Conclusions.** The Boards of the state film studios of Ukraine are trying to independently update the

functional content of their studios. However, the majority of such modernization cases are rather chaotic in their nature. Therefore, there is a need to develop a holistic strategy of functional actualization for each state film studio, taking into account its content, location in the city structure, and functional environment. This will make it possible to transform passive closed production zones in the central areas of cities into partially open active recreational and creative spaces and urban cultural nodes.

Keywords: *film studios; low mobility groups; non-visual perception; urban spaces*

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні діють дві великі кіностудії, створені ще у першій половині ХХ століття – Одеська та Київська ім. О. Довженка.

Побудовані свого часу за містом, станом на 2022 рік, у результаті органічного урбаністичного розвитку міст, вони опинились практично в їх центрах (рис.).

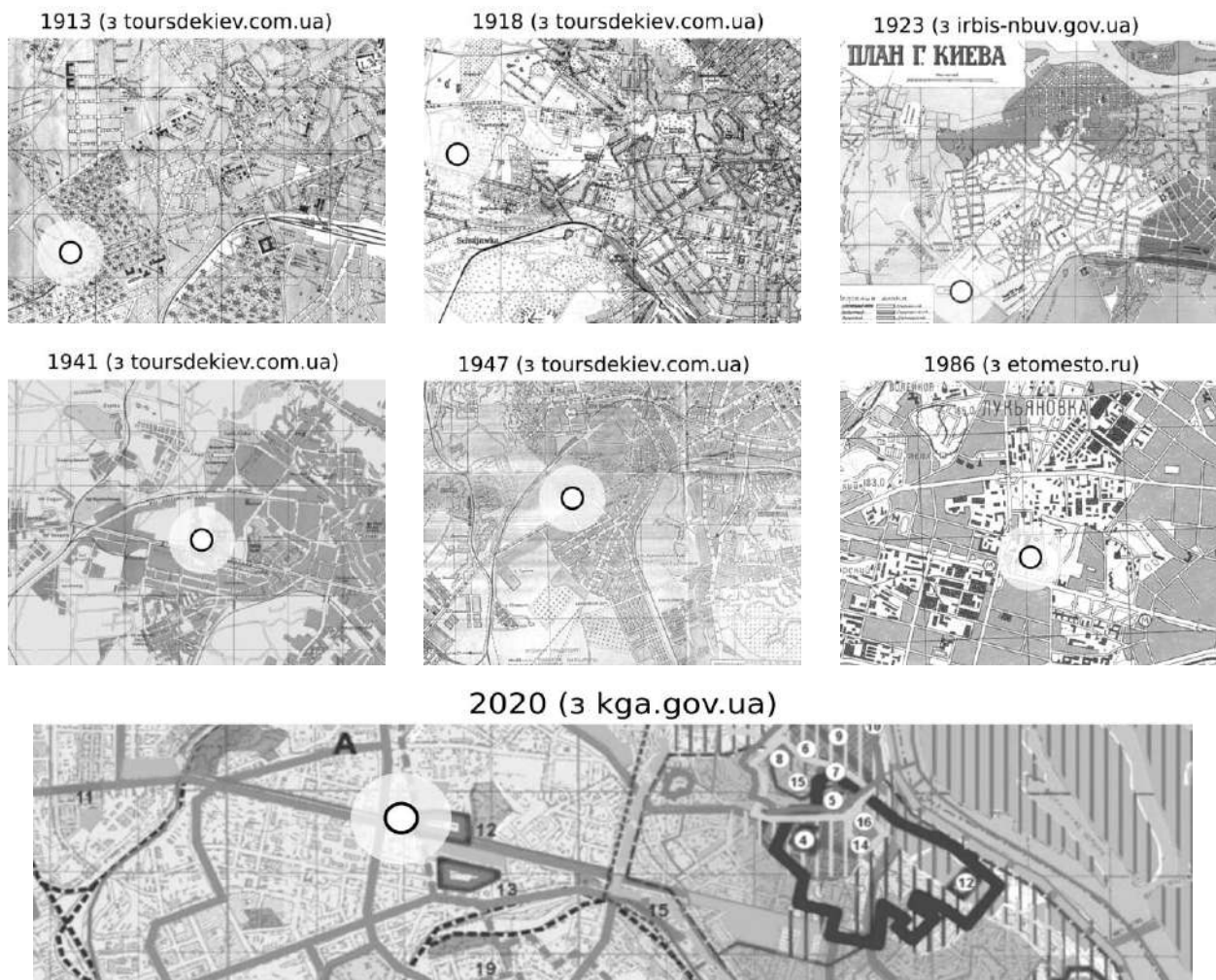


Рис. Територія кіностудії ім. О. Довженка в урбаністичній структурі м. Київ

Відтак, у центральних районах міст розміщені об'єкти з історичною спадщиною, зеленими зонами, які, втім, мають обмежений доступ для містян, і особливо для маломобільних груп.

Мета та завдання дослідження. Основна мета роботи – визначення актуальних шляхів використання кіностудійних просторів з урахуванням

маломобільних груп населення та осіб із вадами зору.

Завданням дослідження стали аналіз діяльності кіностудій у структурі міста та виявлення й класифікація методів адаптації просторів до більш актуального використання комплексів та територій для їх активації у міському середовищі.

Виклад основного матеріалу.

Актуалізація територій державних кіностудій в урбаністичній структурі міст – це суто практичне питання.

Його вирішення може мати позитивний вплив на життя як окремих районів, так і цілих міст, адже кіностудії можуть ставати новими активними рекреаційними зонами та урбаністичними вузлами, які так необхідні сучасним містам.

Певні заходи в цьому напрямку було імplementовано на Одеській кіностудії: модернізовано адміністративний корпус; один із павільйонів перетворено на сучасний технологічний артцентр (імені Віри Холодної). На Київській кіностудії ім. О. Довженка басейн для фільмування водних сцен (який давно не використовувався за призначенням) перетворено на автокінотеатр. Також на території студії періодично проводились масові культурні заходи (СХЕМА, ГогольFEST).

Хоч такі зміни і вказують на наявність позитивних тенденцій в поступовому переосмисленні просторів кіностудій, вони більшою мірою залишаються хаотичними. [5].

Відтак, необхідний комплексний підхід до вирішення проблеми, адже розпоряджатися набутим у минулому державним майном необхідно якомога раціональніше, пристосовуючи його до нових умов господарювання [7].

Разом із новим смисловим наповненням кіностудій необхідно також забезпечити безбар'єрність простору для людей з інвалідністю, що на законодавчому рівні частково передбачено ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» [1]. Крім пандусів, які наразі практично відсутні на студіях, слід передбачити тактильні смуги, аудіоінформування та спеціальні покажчики. «Небезпечні фрагменти пішохідних шляхів екскурсійного маршруту необхідно облаштувати «акустичними плитами», які посилюють звукові коливання від кроків. Екскурсійний маршрут варто прокладати таким чином, щоб відкриті зони ритмічно чергувалися із камерними та

широкими закритими просторами. Це забезпечить почергове підвищення та зниження рівня гулкості та сформує акустичні орієнтири у просторі» [3].

Такі заходи необхідно провести, в першу чергу, в публічних зонах, у які слід установити вільний доступ (музей, кінотеатр, зелені зони в періоди, коли вони не використовуються як натурні майданчики у фільмуванні).

Усі публічно відкриті функції мають бути перенесені на рівень першого поверху для простішого доступу маломобільних груп (наприклад, зараз музей на кіностудії ім. О. Довженка міститься на рівні другого поверху). Розробка плану проведення публічних подій на території функціонально урізноманітнить кіностудію та створить новий осередок громадського простору в місті, який стане невіддільною частиною сучасного міста.

Окремою складовою розвитку кіностудій може стати створення творчих просторів для молоді, наприклад, Dovzhenko Movie Space для кіностудії ім. О. Довженка, або Odesa Movie Space при Одеській кіностудії (функціональний аналог YouTube Space), де кінолюбители та блогери зможуть знімати, монтувати та публікувати свій контент, а також прослуховувати лекції від відомих режисерів.

Кіностудія ім. О. Довженка також має значну зелену зону в недоглянутому стані. Вона включає пересохлий ставок, який можна перетворити, наприклад, на амфітеатральний простір для вуличних виступів [5].

За умови розширення публічного доступу до кіностудій необхідно передбачити розширення зони паркування автомобілів. Світовий досвід діяльності кіностудій з частиною зон, відкритих для широкого загалу, передбачає площу паркувань в межах 10...35 % від загальної площі студії [6]. На українських студіях цей показник наразі значно нижчий.

Висновки.

Керівництва державних кіностудій України намагаються самостійно актуалізувати функціональне наповнення

своїх студій. Однак більшість таких модернізацій мають скоріше хаотичний характер.

Відтак, є необхідність розроблення цілісної стратегії функціональної актуалізації для кожної державної кіностудії з урахуванням її наповнення, розташування

в структурі міста та функціонального оточення. Це дозволить перетворити пасивні закриті виробничі зони в центральних районах міст на частково відкриті активні рекреаційно-креативні простори та урбаністичні культурні вузли.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 68 с. (Державні будівельні норми України).
2. Історичні карти Києва. URL: <http://toursdekiev.com.ua/uk/map>
3. Комаров К. О., Комаров М. О. Доступність об'єктів кіностудій для осіб з вадами зору. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 4. С. 68–73. URL: <http://visnyk.pgasa.dp.ua/issue/view/12826>
4. Комаров К. О. Прийоми архітектурної композиції в контексті формування незорових орієнтирів. *Українська академія мистецтва*. 2017. Вип. 26. С. 149–159. URL: <https://naoma-science.kiev.ua/index.php/journal/issue/view/13>
5. Комаров М. О. Актуалізація територій кіностудій в урбаністичній структурі міст. *Інновації в архітектурі та дизайні: зб. тез допов. I міжнар. наук.-практ. конф.* Київ : Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури. (м. Київ, 25–26 травня 2022). С. 8–10.
6. Комаров М. Урбаністичний аспект у творенні українського кінопростору. *Українська академія мистецтва*. 2016. Вип. 25. С. 303–311. URL: <https://naoma-science.kiev.ua/index.php/journal/issue/view/12>
7. Корошенко К. Р., Гаруст Ю. В. Адміністративно-правове регулювання кіноіндустрії в Україні. *Правові горизонти*. 2019. Вип. 19 (32). С. 101–106. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/78469>
8. План міста Києва [1923]. Цифрова бібліотека історико-культурної спадщини. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/dlib/item/0000160>

REFERENCES

1. *DBN B.2.2-40:2018 Inklusyivnist' budivel' i sporud. Osnovni polozhennya*. [SCN B.2.2-40:2018. Inclusiveness of buildings and structures. Substantive provisions]. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2018, 68 p. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).
2. *Istorychni karty Kyieva* [Historical maps of Kyiv]. URL: <http://toursdekiev.com.ua/uk/map> (in Ukrainian).
3. Komarov K.O. and Komarov M.O. *Dostupnist' ob'yektiv kinostudiy dlya osib z vadamy zoru* [Availability of film studios for the visually impaired people]. *Visnyk Prydniprovs'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnyctva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2020, iss. 4, pp. 68–73. (in Ukrainian). URL: <http://visnyk.pgasa.dp.ua/issue/view/12826>
4. Komarov K.O. *Pryyomy arkhitekturnoyi kompozytsiyi v konteksti formuvannya nezorovykh oriyentyriv* [Techniques of architectural composition in the context of the formation of non-visual landmarks]. *Ukrayins'ka akademiya mystetstv* [Ukrainian Academy of Arts]. 2017, iss. 26, pp. 149–159. (in Ukrainian). URL: <https://naoma-science.kiev.ua/index.php/journal/issue/view/13>
5. Komarov M.O. *Aktualizatsiya terytoriy kinostudiy v urbanistychniyi strukturi mist* [Actualization of the territories of film studios in the urban structure of cities]. *Innovatsiyi v arkhitekturi ta dizayni : zbirnyk tez dopovidey I mizhnarodnoy naukovy-praktychnoy konferentsiyi* [Innovations in Architecture and Design : coll. of abstracts of reports 1st International Scientific and Practical Conference]. *Natsional'na akademiya obrazotvorchoho mystetstva i arkhitektury* [National Academy of Fine Arts and Architecture]. Kyiv, May 25–26, 2022, pp. 8–10. (in Ukrainian).
6. Komarov M. *Urbanistychnyy aspekt u tvorenni ukrayins'koho kinoprostoru* [Urban dimension in the creation of Ukrainian film production spaces]. *Ukrayins'ka akademiya mystetstv* [Ukrainian Academy of Arts]. 2016, iss. 25, pp. 303–311. (in Ukrainian). URL: <https://naoma-science.kiev.ua/index.php/journal/issue/view/12>
7. Koroshchenko K.R. and Harust Yu.V. *Administratyvno-pravove rehulyuvannya kinoindustriyi v Ukrayini* [Administrative and legal regulation of the film industry in Ukraine]. *Pravovi horyzonty* [Legal horizons]. 2019, iss. 19 (32), pp. 101–106. (in Ukrainian). URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/78469>
8. *Plan mista Kyieva [1923]*. [Plan of the city of Kyiv [1923]]. *Tsyfrova biblioteka istoryko-kul'turnoyi spadshchyny, Natsional'na biblioteka Ukrayiny imeni V. I. Vernads'koho* [Digital library of historical and cultural heritage, National Library of Ukraine named after V. I. Vernadskyi]. (in Ukrainian). URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/dlib/item/0000160>

Надійшла до редакції: 23.09.2022.

УДК 66.022.38

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.55.892

БЕЗПЕКА ЗАСТОСУВАННЯ ІЗОФТАЛЕВОЇ КИСЛОТИ ЯК КОМПОНЕНТА ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

КУДРЯВЦЕВ А. В.¹, *аспір.*,
МІТИНА Н. Б.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,
СИТАР В. І.³, *канд. техн. наук, проф.*

¹ Кафедра інноваційної інженерії, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, 49094, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: bmw755ix@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6299-2530

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, 49094, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5384-7040

³ Кафедра інноваційної інженерії, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, 49094, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: v.sytar@ua.fm, ORCID ID: 0000-0003-0351-945X

Анотація. *Постановка проблеми.* Значне поширення полімерних матеріалів у різних галузях промисловості і сферах діяльності пояснюється термостійкістю полімерів, їх високими характеристиками міцності, тривалістю і надійністю експлуатації синтетичних матеріалів. Уведенням добавок можна змінювати фізико-механічні, теплофізичні, оптичні, електричні, фрикційні та інші експлуатаційні характеристики вихідного полімеру. *Мета роботи* – вивчення безпеки використання наповнювача ізофталевої кислоти у полімерній композиції. *Методика.* Застосування теоретичних методів дослідження, нормативних документів. *Результати.* Розглянуто сфери застосування полімерних матеріалів. Вивчено способи створення полімерів із заданими властивостями шляхом уведення в їх склад наповнювачів, в результаті чого змінюються не тільки експлуатаційні характеристики, а і фізико-хімічні ознаки вихідного полімеру. З урахуванням ідентифікації небезпеки застосування ізофталевої кислоти як наповнювача фенолону вивчено її фізико-хімічний склад, стабільність, реакційну здатність, токсичність, вплив на навколишнє середовище. Розглянуто заходи та засоби забезпечення пожежо- та вибухобезпеки, засоби контролю за небезпечним впливом, запобіжні заходи для персоналу та засоби індивідуального захисту під час роботи з ізофталевою кислотою. В результаті дослідження можливе отримання оптимальної полімерної композиції з поліпшеними пластичними характеристиками та безпечними властивостями. *Наукова новизна.* Показано можливість одержання оптимальної полімерної композиції: з поліпшеними пластичними характеристиками за рахунок додавання до полімерного матеріалу фенолону біодеструктованого наповнювача ізофталевої кислоти; безпечними властивостями для людини та довкілля, а саме відсутність виділення токсичних речовин за впливу тепла, світла та інших зовнішніх дій. *Практична значимість.* Отриманий полікомпозиційний матеріал з оновленими пластичними характеристиками та властивостями безпеки можна застосовувати для подальшої переробки вторинної полімерної сировини.

Ключові слова: безпека; біодеструктовані наповнювачі; ізофталева кислота; фенолон; полімерні композиційні матеріали

SAFETY OF USING ISOPHTHALIC ACID AS A COMPONENT OF POLYMER MATERIALS

KUDRYAVTSEV A.V.¹, *Postgrad. Stud.*,
MITINA N.B.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
SYTAR V.I.³, *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*

¹ Department of Innovative Engineering, SHEI “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49094, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: bmw755ix@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6299-2530

^{2*} Department of Life Safety, SHEI “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49094, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5384-7040

³ Department of Innovative Engineering, SHEI “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49094, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: v.sytar@ua.fm, ORCID ID: 0000-0003-0351-945X

Abstract. The widespread use of polymeric materials in various industries and fields of activity is explained by the thermal stability of polymers, their high strength characteristics, and the durability and reliability of synthetic materials. The introduction of additives can change the physical-mechanical, thermophysical, optical, electrical, frictional and other performance characteristics of the original (base) polymer. *The purpose of the article* is to investigate the safety of using isophthalic acid filler in a polymer composition. *Methodology.* Application of theoretical research methods, regulatory documents. *Results.* The spheres of polymeric materials application are considered. Ways of creating polymers with specified properties by introducing fillers into their composition, which change not only the operational characteristics, but also the physical and chemical characteristics of the original polymer are investigated. In view of the identification for danger of using isophthalic acid as a filler for phenylone, its physicochemical composition, stability, reactivity, toxicity, and environmental impact are studied. The measures and means of ensuring fire and explosion safety, means of controlling hazardous exposure, precautionary measures for personnel and personal protective equipment when working with isophthalic acid are considered. As a result of the research, it is possible to obtain an optimal polymer composition with improved plastic characteristics and safe properties. *Scientific novelty.* The possibility of obtaining an optimal polymer composition is shown: with improved plastic characteristics due to the addition of the biodegradable isophthalic acid filler phenilon to the polymer material; safe properties for humans and the environment, namely the absence of toxic substances release under the influence of heat, light and other external actions. *Practical value.* The resulting polycomposite material with updated plastic characteristics and safety properties can be used for further processing of secondary polymer raw materials.

Keywords: *safety; biodegradable fillers; isophthalic acid; phenylone; polymer composite materials*

Introduction

Polymeric materials are widely used in various fields of human activity, from the domestic sphere and the food industry to heavy engineering, aviation, and space. Polymer composites are used in electrical engineering, machine tool building, tool industry, instrument making, tractor and agricultural engineering, in the transport sector, in agriculture, construction, light and food industries. But it is the machine-building industry that is the main consumer of almost all manufactured materials, including polymers. Currently, mechanical engineering is one of the world's leading industries and the use of polymeric materials in mechanical engineering is growing at an unprecedented pace in the history of mankind [12]. Thus, about 40 % of the plastic produced by the chemical industry is used in mechanical engineering. Various types of polymers are used for the manufacture of important parts of relatively small but structurally complex machines and mechanisms, and at the same time in the manufacture of large body parts of machines and mechanisms that carry heavy loads. Thus, about 50 % of rotating parts and gears are made of durable structural polymers, almost all functional parts of brake systems for cars and wagons and about 45 % for railway rolling stock are also made of synthetic press materials [1; 3].

The historical fact of the manufacture and practical use of a tram made entirely of plastic

is known [1; 2]. Also, most modern small craft (boats, boats, etc.) are made of polymer materials.

The widespread use of polymeric materials in various industries and fields of activity is explained by the thermal stability of polymers, their high strength characteristics, and the durability and reliability of synthetic materials. And this is especially important when decorating the interiors of cars, ships, aircraft; when performing work in aggressive environments (for example, galvanic baths).

A positive fact is that the most advanced technologies and methods are used for the production of most polymers. And this increases the useful level of use of not only the actual polymeric materials, but also their waste, which increases the exchange rate of expensive materials. Along with this, the cost of living labor is significantly reduced. Thus, the simplest and most convincing example is the manufacture of printed circuits: a process that is inconceivable without polymer materials, and with them, fully automated [5].

Thus, the use of polymeric materials ensures the conservation of both material and energy resources, as well as the growth of labor productivity in the relevant industries.

Objective

The purpose of this work is to study the safety of using isophthalic acid as a filler in a polymer composition.

Materials and Methods research

To create polymeric materials with desired properties, base polymers are mixed with other substances – fillers [5].

Most modern polymeric materials are multicomponent systems in which various additives are present along with the polymer base. The content of filler additives in the polymer composition can vary within very wide limits. Depending on the task, the type of additive and the nature of the polymer, it can range from fractions of a percent to 95 % [2; 4].

The introduction of additives can change the physical-mechanical, thermophysical, optical, electrical, frictional and other performance characteristics of the original (base) polymer.

Therefore, it is possible to optimize the plastic properties of the phenylene polymer by adding isophthalic acid.

Solid fillers can be mineral, organic, ceramic and metal. In form, it can be fine powders and fibrous materials. The most widely used fine fillers of mineral origin: talc, chalk, kaolin, mica, asbestos, white soot, aerosil, metal oxides [4].

Results research and discussion

In this work, as an additive the use of a dispersed filler of organic origin – isophthalic acid.

Despite the scope of the polymer and the filler included in its composition, it is necessary to determine the safety and additives, and the resulting polymer composition.

Currently, in the development of polymeric materials, special attention is paid to three safety parameters that can potentially cause significant harm to human health and the environment:

- it is necessary to take into account the presence of impurities in polymeric materials that may be unsafe for human health;

- substances harmful to human health during the operation of various polymers under the influence of heat, light or other external phenomena;

- the formation of substances that can cause corrosion or other damage to technical products [6].

Potential toxicity polymers evaluated proceeding from from several parameters and eliminated the introduction of additives of plasticizers and modifiers that block odors and other volatile substances.

Toxicity polymers maybe to be rated requirements proceeding from from next parameters:

- polymers should not create smell;
- release into the air volatile substances (in hazardous concentrations);
- worsen microclimate premises (humidity);
- stimulate development microflora;
- create tension static electric field.

Among the most harmful substances can name carbamide epoxy and phenol formaldehyde resins that allocate significant amount harmful and dangerous substances into the air [6].

Next harmful substances consider styrene-containing rubber linoleums and nitrooleums, which are not recommended for use in residential premises.

Additives of plasticizers and modifiers locking odors and others volatile substances (they bind esters), allow you to get environmentally friendly materials [6; 7].

Subject to given information necessary estimate the safety of using isophthalic acid, proposed as a filler for the polymeric material phenylene.

Isophthalic acid (IR) – an organic substance, a dibasic dicarboxylic aromatic acid with a meta-arrangement of carboxyl groups. It is an isomer of phthalic and terephthalic acids. It is colorless crystals, almost odorless. Isophthalic acid is highly soluble in aqueous solutions of alkalis, but poorly in water, acetic acid and lower alcohols. Formula: substances – $C_8H_6O_4$. Molar mass – 166,14 g/mol. Density – 1,53 g/cm³ [8]. The structural formula has the form shown in Figure.

According to its chemical properties, isophthalic acid, being a typical carboxylic acid, forms salts and esters (isophthalates) at one or both carboxyl groups. When interacting with $SOCl_2$ or acetyl chloride, when heated, it turns into the corresponding acid chloride. The benzene ring in the isophthalic acid molecule is

capable of being reduced to cyclohexane under the action of hydrogen on platinum catalyst. Also, isophthalic acid enters into typical electrophilic substitution reactions: halogenated in fuming sulfuric acid to a tetrahalogen derivative, nitrated with concentrated nitric acid to form 4- and 5-nitro derivatives, sulfonated to 5-sulfoisophthalic acid [9; 10].

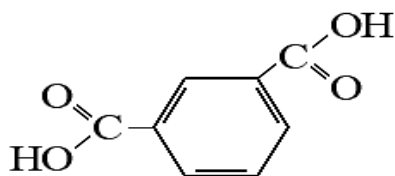


Fig. Structural formula and isophthalic acid

From the point of view of the safety of use, isophthalic acid belongs to the second hazard

class, namely, to the group of substances with a general toxic effect [8]. May cause functional disorders of the central nervous system if inhaled. If the maximum allowable concentration (MAC) is exceeded, allergic diseases are possible. In large quantities, isophthalic acid irritates the mucous membranes of the skin and eyes. Therefore, recommended MPCs in the air have been determined, which are 0,2 mg/m³, LD 50 in rats – about 120 mg/kg [11; 12].

Based on the analysis of the information provided, generalizations were made regarding the safety of using isophthalic acid as a filler for the polymeric material phenylone for a number of indicators (Tables 1, 2).

Table 1

Fire and explosion hazard

Index	Special Hazards	Preventive measures	Fire extinguishing
Fire and explosion	Fuel. Fine particles form explosive mixtures in the air.	DO NOT use open flame. Closed system, explosion-proof (for dusty environments) electrical equipment and lighting. Avoid settling of dust.	Use water spray, foam, powder, carbon dioxide

Table 2

Dust generation

Avoid the formation of dust			
Symptoms		Preventive measures	First aid
Inhalation	Functional disorders of the central nervous system	Apply local extraction	Fresh air, peace
Skin	Irritates the mucous membrane	Protective gloves	Remove contaminated clothing. Rinse skin with plenty of water or take a shower
Eyes	Irritates the mucous membrane	Use eye protection	First of all, rinse with plenty of water for several minutes (remove contact lenses if possible without difficulty), then seek medical attention
Ingestion	Nausea	Do not eat, drink or smoke while working	Drink at least two glasses of water

For the personal safety of workers: eyes and faces, it is recommended to use open protective goggles with shields that have passed the test or EN 166 (EU); respiratory organs respirators with filter type P1; non-trile rubber gloves to protect the skin of the hands.

Additional information on the biological safety of isophthalic acid is as follows isophthalic acid was also not confirmed [13]. The product is chemically stable under standard environmental conditions. Germ cell mutagenicity testing was performed on hamster ovaries. A negative result has been obtained. Checking the metabolic activity of cells under the action of isophthalic acid was also not

confirmed. There are no data on the carcinogenicity and reproductive activity of isophthalic acid, its specific selective activity in which individual target organs are affected. It has been established that isophthalic acid is a biodegradable substance under aerobic conditions by 85 % within 14 days.

Taking into account the available data on the properties of isophthalic acid, the main areas of its use are also considered: as an intermediate product in the production of unsaturated polyester and alkyd resins (mainly for surface coatings), paint, reinforced plastics, and packaging. Isophthalic acid is used as a comonomer in the production of polyethylene terephthalate bottle resins and some rubbers. It

provides excellent hardness, corrosion and stain resistance, hydrolytic and thermal stability and low resin levels. It is also used to make insulation materials, and polymerization with maleic anhydride and subsequent crosslinking with styrene results in high performance unsaturated polymers. Esters of isophthalic acid: dimethyl isophthalate, diethyl isophthalate, dioctyl isophthalate, diallyl isophthalate are important products of the chemical industry and are indispensable in the production of PVC plasticizers, they are characterized by a low degree of phytotoxicity. Derivatives of isophthalic acid are of limited use in the pharmaceutical industry.

Conclusion

The possibility of obtaining an optimal polymer composition with improved plastic characteristics by adding a biodegradable filler

based on isophthalic acid to the phenylone polymer material is shown. The resulting polymer composition has safe properties for humans and the environment: no release of toxic substances under the influence of heat, light and other external influences.

Prospects further research

The need to obtain a polymer composition with optimal characteristics is also explained by the fact that polymer composite materials are one of the most important and widely used classes of modern structural materials. Their consumption is constantly growing and in developed countries is more than 100 kg per year per inhabitant. The polymeric material phenylone with updated plastic characteristics and relatively safe properties can be used for further processing of secondary raw materials.

REFERENCES

1. Berlin A.A., Vol'fson S.A., Oshmyan V.G. and Yenikolopov N.S. *Printsipy sozdaniya kompozitsionnykh polimernykh materialov* [Principles of creation of composite polymeric materials]. Moscow : Khimiya Publ., 1990, 238 p. (in Russian).
2. Sitar V.I., Sukhii K.M., Mitina N.B., Garmash S.M. and Lysychenko B.O. Creation of biodegradable composite materials based on polyvinyl alcohol. *Questions of chemistry and chemical technology*. 2020, no. 1, pp. 86–91.
3. Vlasov S.V., Kandyrin L.B., Kuleznev V.N. and oth. *Osnovy tekhnologii pererabotki plastmass : uchebnyk dlya vuzov* [Fundamentals of plastics processing technology : a textbook for universities]. Cheboksary : GUP IPK Chuvashiya, 2004, 596 p. (in Russian).
4. Batayev A.A. and Batayev V.A. *Kompozitsionnyye materialy : stroyeniye, polucheniye, primeneniye : uchebnyk* [Composite materials: structure, obtaining, application : textbook]. Novosibirsk : NGTU Publ., 2002, 384 p. (in Russian).
5. Askadskiy A.A. and Kondrashchenko V.I. *Komp'yuternoye materialovedeniye polimerov* [Computer materials science of polymers]. Moscow : Nauchnyy Mir Publ., 1999, 544 p. (in Russian).
6. *Napolniteli dlya polimernykh kompozitsionnykh materialov : spravochnoye posobiye* [Fillers for polymer composite materials: a reference guide]. Edited by P.G. Babayevskiy. Moscow : Khimiya Publ., 1981, 736 p. (in Russian).
7. *Ekologicheskaya bezopasnost' : ucheb.-metod. posob.* [Ecological safety: textbook.-method. allowance]. Edited by Ye.A. Ivantsova. Volgograd : VolGU Publ., 2016, 88 p. (in Russian).
8. *Entsiklopediya polimerov* [Encyclopedia of polymers]. Edited by V.A. Kargin. Moscow : Khimiya Publ., 2010, 208 p. (in Russian).
9. Slashchinin D.G., Leshok D.Yu., Root Ye.V., Sokolenko V.A., Tovbis M.S. and Kirik S.D. *Atsilirovaniye po nitrozogruppe v perzameshchennykh para-nitrozofenolakh* [Acylation at the nitroso group in persubstituted para-nitrosophenols]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Khimiya* [Journal of the Siberian Federal University. Chemistry]. 2012, vol. 4, iss. 5, pp. 417–429. (in Russian).
10. Fedorova N.A., Leshok D.Yu., Slashchinin D.G., Tovbis M.S. and Kirik S.D. Structural study of the acylation products of persubstituted para-nitrosophenols. *J. of Molecular Structure*. 2014, vol. 1063, pp. 341–350.
11. Lipik V.T., Cherkes N.S. and Martsul' V.N. *Opredeleniye ftalevoy, tereftalevoy i izoftalevoy kislot pri sovmestnom prisutstvii metodom gazovoy khromatografii* [Determination of phthalic, terephthalic and isophthalic acids in the joint presence by gas chromatography]. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [Journal of Analytical Chemistry]. 2007, vol. 62, no. 5, pp. 505–509. (in Russian).
12. *Pasport bezopasnosti izoftalevoy kisloty v sootvetstvii s Postanovleniyem (EU)* [Safety data sheet of isophthalic acid in accordance with the Regulation (EU)]. No. 1907/2006, version 8.2, revision date 25.04.2021. (in Russian).
13. Komar N.A., Tovbis M.S., Slashchinin D.G. and Teplyashina O.V. *Polucheniye aminoproizvodnykh perzameshchennykh arilamidov izoftalevoy kisloty i izucheniye ikh biologicheskoy aktivnosti* [Preparation of amino derivatives of persubstituted isophthalic acid arylamides and study of their biological activity]. *Lesnoy i khimicheskoy*

kompleksy – problemy i resheniya : Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya [Lesnoy i khimicheskii kompleksy – problemy i resheniya : Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya]. Krasnoyarsk, 2013, vol. 2, pp. 65–69. (in Russian).

Надійшла до редакції: 05.09.2022.

УДК 629.039.58

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.60.893

АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ НА ПРЕДМЕТ ЇЇ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

МІТІНА Н. Б.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

ПЛИС М. М.², викл.,

ГЕРАСИМЕНКО В. О.³, канд. хім. наук, доц.,

МАЛИНОВСЬКА Н. В.⁴, ст. викл.,

СМИРНОВА О. В.⁵, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, Дніпро, 49094, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5384-7040

² Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, Дніпро, 49094, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: plisbig@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8127-0077

³ Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, Дніпро, 49094, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: gerasim_vlad@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3369-4267

⁴ Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, Дніпро, 49094, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

⁵ Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», вул. Набережна Перемоги, 40, Дніпро, 49094, Україна, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: smirnova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9819-7769

Анотація. Постановка проблеми. Метою введення «Методики прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) і транспорті» (далі – Методика), стало усунення розбіжностей між положеннями Кодексу цивільного захисту і діючою на той час методикою. Тому актуальним бачиться встановлення порядку оцінювання хімічної обстановки шляхом прогнозування масштабів забруднення у разі виникнення аварії з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин (НХР) із технологічних ємностей на хімічно небезпечних об'єктах, автомобільному, річковому, залізничному та трубопровідному транспорті у відповідності з пунктом 18 частини другої статті 17 та пункту 9 частини першої статті 35 Кодексу цивільного захисту України. **Мета роботи** – вивчення та аналіз Методики на предмет її відповідності поставленій меті практичного використання за призначенням. **Висновки.** Введення в дію Методики випало на часи карантину, пов'язаного з пандемією (COVID-19), які ще більше ускладнилися воєнним станом. Враховуючи, що Методика не стала складовою практичної роботи суб'єктів господарювання та темою аналізу і оцінювання у наукових колах, пропонуємо МВС призупинити її дію й оголосити ґрунтовне обговорення з залученням до нього практиків, науковців та всіх зацікавлених осіб у вирішенні питань хімічної безпеки в Україні. Автори статті провели розгорнутий аналіз із наданням пропозицій та рекомендацій з усунення розбіжностей, накладок, суперечних висловлювань Методики. В контексті вдосконалення формулювання матеріалу надано пояснення термінам Методики. Зазначено, що доцільно користуватися Методикою, яка б відповідала таким принципам: простота застосування; оперативність визначення основних параметрів; ефективність та відносна точність прогнозу.

Ключові слова: методика; прогнозування; аналіз; хімічно небезпечний об'єкт; небезпечна хімічна речовина; цивільний захист

ANALYSIS OF THE METHOD FOR FORECASTING THE CONSEQUENCES OF AN ACCIDENT AT CHEMICALLY DANGEROUS OBJECTS IN THE SUBJECT OF ITS PRACTICAL USE AS INTENDED

MITINA N.B.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
PLIS M.M.², *Lecturer*,
GERASIMENKO V.A.³, *Cand. Sc. (Chem.), Assoc. Prof.*,
MALYNOVSKA N.V.⁴, *Senior Lect.*,
SMIRNOVA O.V.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Occupational Health and Safety, SHEI "Ukrainian State University of Chemical Technology", 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5384-7040

² Department of Occupational Health and Safety, SHEI "Ukrainian State University of Chemical Technology", 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: plisbig@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8127-0077

³ Department of Occupational Health and Safety, SHEI "Ukrainian State University of Chemical Technology", 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: gerasim_vlad@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3369-4267

⁴ Department of Occupational Health and Life Safety, SHEI "Ukrainian State University of Chemical Technology", 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

⁵ Department of Occupational Health and Safety, SHEI "Ukrainian State University of Chemical Technology", 40, Naberezhna Peremohy Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: smirnova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9819-7769

Abstract. Problem statement. The purpose of introducing the Methodology for forecasting the consequences of hazardous chemicals spills (releases) during accidents at chemical hazardous facilities (CNO) and transport (hereinafter – the Methodology), was to eliminate discrepancies between the provisions of the Civil Protection Code and the then existing methodology. Therefore, it is relevant to establish the procedure for assessing the chemical situation by forecasting the scale of pollution in case of accidents with spill (release) of hazardous chemical substances (HCS) from technological containers at chemically hazardous facilities, road, river, rail and pipeline transport in accordance with the clause 18 of the Article 17 second part and clause 9 of the Article 35 first part of the Civil Protection Code of Ukraine. **The purpose of the article.** Study and analysis of the Methodology for its compliance with the set goal of practical use as intended. **Conclusions.** The implementation of the Methodology came at a time of pandemic quarantine (COVID-19), which was further complicated by martial law. Given that the Methodology has not become a component of the practical work for business entities and the topic of analysis and assessment in scientific circles, we suggest that the Ministry of Internal Affairs suspend its operation and announce a thorough discussion with the involvement of practitioners, scientists and all interested parties in solving chemical safety issues in Ukraine. The authors of the article carried out a detailed analysis with the provision of proposals and recommendations to eliminate discrepancies, overlays, contradictory statements of the Methodology. In the context of improving the material wording, the terms of the Methodology are explained. It is noted that it is advisable to use the Methodology that would correspond to the following principles: ease of use; efficiency of determining the main parameters; efficiency and relative accuracy of the forecast.

Keywords: *methodology; forecasting; analysis; chemically dangerous object; dangerous chemical substance; civil defense*

Постановка проблеми. Наказом МВС України від 29.11.2019 р. № 1000 введено в дію нову Методику [1], метою якої було усунення розбіжностей між положеннями Кодексу цивільного захисту [2] і діючою на той час методикою [3]. Скасований наказ визначав порядок проведення та терміни звітності щодо визначення ступеня хімічної небезпеки ХНО та адміністративно-територіальних одиниць. Який документ тепер регламентує ці питання, не

встановлено. Тому актуальним бачиться встановлення порядку оцінення хімічної обстановки шляхом прогнозування масштабів забруднення у разі виникнення аварії з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин із технологічних ємностей на ХНО, автомобільному, річковому, залізничному та трубопровідному транспорті у відповідності з пунктом 18 частини другої статті 17 та пункту 9 частини

першої статті 35 Кодексу цивільного захисту України.

Аналіз публікацій. Міністерство внутрішніх справ України, Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, Міністерство енергетики та захисту довкілля України, Наказом від 29.11.2019 р. № 999/459/458, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 17.12.2019 р. за № 1254/34225, було скасовано наказ № 73/82/64/122 від 27.03.2001 р., яким, передбачалося: до 01.06.2001 р. провести класифікацію з ХНО і адміністративно-територіальних одиниць (АТО), до 15.06.2001 р. узагальнити і подати результати такої класифікації; до 01.07.2001 р. здійснити коригування планів реагування на НС всіх рівнів; до 01.09.2001 р. привести в належний стан документацію на ХНО та залізниці НХР; до 01.10.2001 р. провести коригування планів взаємодії з органами військового командування, силами Цивільної оборони України та іншими силами, які залучатимуться для подолання наслідків НС.

Ці положення стали практикою, оскільки на момент скасування наказу були вже виконані. Але принципово те, що вказаним наказом скасовано без пояснень: результати класифікації затверджувати рішеннями комісій з питань ТЕБ та НС щорічно з 1 січня наступного року; повне донесення (за формами 1/рхз і 2/рхз) та рішення комісій з питань ТЕБ та НС про результати надсилати встановленим порядком до МНС згідно з табелем термінових донесень до 15 січня поточного

року; дані про нові об'єкти та зміни, що відбулися на існуючих ХНО, відображати у формі 1/рхз/клас, і подавати щороку до 15 січня поточного року; проведення класифікації ХНО та АТО здійснювати щороку за станом на 1 січня наступного року до 15 грудня поточного року.

Паралельно ці положення були зазначені і в наказі МНС від 12.05.2011 р. № 485. На жаль, таке дублювання і переплетення мають місце в багатьох документах. Зараз ці питання вирішуються на підставі Примірного табеля термінових та строкових донесень з питань цивільного захисту – Наказ Державної служби України з НС від 11.10.2014 р. № 578. (Довідка: Діяв наказ МНС від 12.05.2011 р. № 485: Табелю термінових та строкових донесень з питань цивільного захисту, який скасовано вказаним вище наказом ДСНС).

Значна частина Методики [1] – це матеріал [4], на який рецензією зазначено недоцільність використання «Глави 2», що має суттєві недоліки. Для прогнозування масштабів хімічного зараження сильнодіючими отруйними речовинами під час аварій застосовували методику, відому як РД-52.04.253-90 [5].

Мета роботи – вивчення та аналіз Методики на предмет її відповідності поставленій меті практичного використання за призначенням.

Результати досліджень. Порівняльна характеристика за формальними ознаками методик прогнозування наслідків від НХР під час аварій відомих в Україні наведена у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методик прогнозування наслідків від НХР під час аварій

Найменування	РД 52.04.253-90 [5]	МНС № 73-2001 [3]	МВС № 1000-2019 [1]
Кількість таблиць	5	22	17
Кількість формул	12	7	30
Важлива особливість		Є визначення ступеня хімічної небезпеки ХНО та АТО; Зразок табло чергового диспетчера ХНО	
Час дії	Більше 30 років	18 років	2 роки
За наслідком визначення глибини зони розповсюдження хмари НХР, км (довгострокове прогнозування, розлив «вільно», рідина, за найгірших умов)			
Хлор, 100 т.			
Г _{повна}	69,5	82,2	46,87
Г _{гранично можлива}	20	20	Не визначається
Г _{зmxз}	20	20	46,87

Досвід показує, що РД 52.04.253-90 містить найбільші переваги і було б доцільно для розроблення нової методики за основу взяти саме цей документ [5]. Порядок оцінення хімічної обстановки у разі виникнення надзвичайної ситуації, про який іде мова в [1], – це попередня методика [3], яка повинна була б тільки вдосконалюватися.

Проблемні питання [1] – це відсутність формулювання термінів, у різних частинах наведено чимало розбіжних словосполучень визначення глибини [6].

У контексті вдосконалення [1] проведемо далі розбір низки термінів, які використані в Методиці. Оцінка хімічної обстановки – її змістом, як ми вважаємо, має бути визначення впливу хімічного забруднення на навколишнє середовище, на персонал аварійного об'єкта, на населення, що проживає в межах можливої (фактичної) зони хімічного забруднення, на дії сил цивільного захисту, що будуть залучені для ліквідації наслідків аварії на ХНО та обґрунтування необхідного захисту працівників, населення та особового складу формувань цивільного захисту.

Хімічне забруднення – розповсюдження хмари (хмар) НХР в атмосферному повітрі з концентраціями (в кількості), які створюють загрозу для здоров'я та життя людей і навколишньому середовищі протягом часу дії небезпечного джерела (тривалість хімічного забруднення). Тривалість хімічного забруднення – час, протягом якого в зоні хімічного забруднення існує небезпека ураження людей, флори і фауни навколишнього середовища від хмари (хмар) НХР, забрудненої місцевості, забруднених відкритих джерел води, техніки та обладнання.

Порогова концентрація – мінімальна концентрація (кількість) НХР, що при заданому часі впливу викликає початкові симптоми ураження.

Токсична доза – значення забруднення, рівне добутку концентрації НХР на час перебування людини в заданому місці без засобів індивідуального захисту органів дихання, наслідком чого можуть бути різні

ступені токсичного впливу на людину: первинні слабкі ознаки отруєння – порогова токсодоза; суттєве отруєння – уражальна токсична доза; кома – смертельна токсична доза.

Ступінь вертикальної стійкості повітря. По-перше, цей термін не має визначення, по-друге, в розділі III «стан вертикальної стійкості повітря». Без пояснення використано термін «глибока інверсія».

Варіант пропозиції: «Під вертикальною стійкістю повітря розуміється такий його стан, який визначає більшу чи меншу можливість розвитку перемішування повітря по вертикалі. Прийнято враховувати три ступені вертикальної стійкості повітря: інверсію, ізотермію, конвекцію».

Виникають питання до формулювання прогнозування за [1]: які дії по прогнозуванню передбачені цією методикою та дають можливість встановити ймовірність виникнення ...НС на ХНО? Ступінь ймовірності певної негативної події – це сфера іншого документа, тому слід зробити посилання; якими положеннями [1] передбачено прогнозування наслідків аварії з НХР *на підставі аналізу можливих причин їх виникнення?*

Методика [1] забезпечує прогнозування наслідків можливої (реальної) аварії з НХР на основі математичних розрахунків із використанням параметрів, що характеризують технічні особливості ХНО, метеорологічні умови та характер навколишньої місцевості. Беручи до уваги факт того, що всі ці параметри можуть змінюватися, доречно говорити про завчасне визначення динаміки розвитку надзвичайної події. Але причини можливого виникнення аварій не враховуються, тому пропонуємо такий допис:

«Прогнозування наслідків аварії на ХНО – це завчасне визначення параметрів що характеризують можливу надзвичайну ситуацію і динаміку її розвитку на основі математичних розрахунків з використанням параметрів, що характеризують технічні особливості ХНО, метеорологічні умови та характер навколишньої місцевості».

Район аварії – формулювання немає, але визначення площі передбачено [1]. За логікою – це територія, де фактично розлилась НХР (сталася аварія) і з площі якої відбувається її випаровування.

Зона хімічного забруднення (ЗХЗ) – сукупність забруднених площ хмарою НХР. Отже, тлумачення слова «сукупність» – неподільна єдність чого-небудь; загальна кількість, сума чогось. Відповідно, маємо: $S_{ЗХЗ} = S_{РА} + S_1 + S_2$, але за логікою це неприпустимо, бо утворення первинної та вторинної хмар (при аваріях із певними речовинами) розведено в часі, а тому вторинна хмара буде охоплювати і територію, яка забруднена первинною хмарою.

Вважаємо, що ЗХЗ та ЗМХЗ, особливо перший, термін надумані, бо ЗМХЗ – це теж зона хімічного забруднення. Звертаємо увагу на те, що за [1] ЗМХЗ визначається тільки при довгостроковому прогнозуванні. Запропоноване визначення терміну це не враховує.

Пропозиція: «Зона можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ) – максимально можлива, відносно характеру ХНО, територія або акваторія з кутом розповсюдження хмари забрудненого повітря 360° , в межах якої в разі аварії можливі концентрації НХР небезпечні для здоров'я та життя людей. Визначається тільки при довгостроковому прогнозуванні. Місцевість, де знаходиться ХНО, в межах 360° може бути різною за видами рослинності, типом лісів, рельєфом та забудовою. Оскільки довгострокове прогнозування – це визначення найгірших можливих наслідків аварії з НХР, доцільно було б зазначити, як допущення, що при довгостроковому прогнозуванні приймається рівнинна місцевість (або ж якість інше положення)».

Стосовно опису трубопроводів у [1] реальну величину $Q_{НХР}$ між автоматичними відсікачами слід брати з технічної документації конкретного трубопроводу. Щодо площі ЗМХЗ для трубопроводу. (Про вплив місцевості?) Наприклад, довжина трубопроводу в межах АТО – 100 км. На цій ділянці може бути різний характер

місцевості. За яким довідником визначатися? Авторам [1] слід було б звернути на це увагу, зокрема, надати допущення, за яким ЗМХЗ для трубопроводу визначається за гіршим показником (місцевість відкрита, рівнина), паспорт трубопроводу, який характеризує місцевість, по якій він проходить, або додати цю інформацію окремою довідкою.

Прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) – розрахункова зона в межах ЗМХЗ [1]. Чому *прогнозована*? Всі параметри, що визначаються за методикою, є прогнозованими (назва «Методика прогнозування...»), але чомусь тільки один із них офіційно названо «*прогнозованим*». Чому однозначно «в межах зони можливого хімічного забруднення»? У разі аварійного прогнозування ЗМХЗ взагалі не передбачена. Зрозуміло, чому ця зона виділяється, і саме тому доцільно назвати її «*Зона безумовного хімічного ураження*».

Пропонуємо: «Зона безумовного хімічного ураження – розрахункова зона, в межах якої, за прогнозом, існує загроза хімічного ураження людей, тварин та рослин (хімічне забруднення місцевості та об'єктів, що на ній розміщені)».

Під час виникнення аварії для визначення можливих її наслідків та організації заходів є попередження [1], що граничний час перебування людей у ЗХЗ та тривалість збереження метеорологічних умов незмінними становить 4 години, після закінчення цього часу прогноз уточнюється. Як бути, коли метеорологічні умови різко змінюються? Доцільно б застереження доповнити: «В разі різкої зміни погоди уточнення характеру хімічної обстановки проводиться негайно».

До питання про $S_{ПЗХЗ}$: для ступеня хімічної небезпеки ХНО площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{ПЗХЗ}$ (км^2) визначається залежно від значень радіуса аварії R_A , глибини поширення $\Gamma_{1(2)}$ первинної (вторинної) хмари та відповідних кутів сектора поширення цих хмар. Складно розв'язати формули 19, 20, 21, 22 [1]; певним чином можна скористатися формулою 18 НХР $S_{1(2)}$ (км^2), але, за методикою, ПЗХЗ –

це розрахункова зона в межах зони МХЗ і, в той же час, ступінь хімічної небезпеки визначається за кількістю населення ПЗХЗ у разі виникнення аварії на ХНО [1].

Як у цьому випадку враховувати площу району аварії? Радіус району аварії залежно від фізико-хімічних властивостей НХР може становити 1 км, а в разі загрози пожежі, що у довгостроковому прогнозуванні слід враховувати, радіус району аварії необхідно збільшувати в 1,5...2 рази. Ці радіуси достатні для того, щоб розуміти – в межах району аварії можуть опинитися житлові масиви.

І як це узгоджується з положенням методики [1]: «На карту (схему) наносять...зону ПХЗ, спрямовану в бік найбільшої щільності заселення людей...»? А це, у свою чергу, не узгоджено з іншим положенням методики: «У разі проведення довгострокового прогнозування визначаються... кількість осіб, що мешкає в ЗМХЗ та ПЗХЗ...». Не зрозумілі кількість і щільність.

Про **розрахунок втрат, кількості уражених**. Запропонована методика прогнозування втрат серед населення [1] може бути доцільною для довгострокового прогнозування. В умовах аварійного прогнозування такі складні та довготривалі розрахунки не можливі в першу чергу через відсутність часу для таких розрахунків. Методика не визначає, хто конкретно в умовах реальної аварії веде такі розрахунки, на відміну від Методики [3], де мав місце Додаток 1: «Порядок дії працівників ХНО...» (в якому, зокрема, визначалися обов'язки чергового диспетчера).

І ще одне: в будь-якому разі ці прогнози будуть дуже приблизні, оскільки в межах ПЗХЗ в різні пори року, в різні часи доби буде дуже різна кількість людей.

Відомо, що аварію НХР необхідно упереджати, наприклад, замінюючи аміак сучасними безпечними холодоагентами; застосовувати газоаналізатори, які відстежують викид небезпечних речовин, їх функціонування має бути пов'язане з роботою пульта диспетчера; виробництво програмних комплексів – оперативного реагування у разі аварії, які автоматично

визначають та сповіщають небезпеку аварії, прогнозують зону зараження від НХР.

Про визначення кількості уражених: Положення Методики пункт 8 розділу 2: «Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР».

Таке положення виглядає дуже складним у плані його виконання. Як в умовах аварії фіксувати кількість людей (особливо серед населення), час впливу НЗХ та наявність засобів захисту? Кількість уражених прогнозується тільки при аварійному прогнозуванні, а встановлення структури можливих втрат взагалі не передбачене. Відповідно, медичне забезпечення в разі хімічного ураження заздалегідь не передбачається, а саме, які ж сили і засоби медичного сприяння будуть залучатися; що встигнуть медики за коротку мить хімічної аварії.

За Методикою [1]: «Довгострокове прогнозування здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів забруднення, проведення розрахунку сил та засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складання планів роботи та інших довідкових матеріалів».

Пропозиція: «... для організації та проведення заходів захисту населення і територій, для ліквідації наслідків аварії, складання планів роботи та інших довідкових матеріалів».

Певною мірою незрозумілою виглядає фраза в контексті довгострокового прогнозування: «кількість людей на об'єкті (у населеному пункті), що можуть опинитися в зоні можливого забруднення», оскільки вона не кореспондується з положенням «визначення можливих втрат людей (осіб)...». Слід би уточнити, що мова йде про прогнозування можливих втрат серед працівників об'єкта та населення окремо.

І незвично виглядає положення: «Основним показником, що характеризує ступінь НХЗ, є прогнозована кількість уражених, що опинилися в ЗХЗ», адже в

іншому місці методики інше: «Критеріями класифікації АТО та об'єктів щодо їх віднесення до ступеня хімічної небезпеки є частка території, що потрапляє в ЗМХЗ, *та кількість населення, що потрапляє в ПЗХЗ у разі виникнення аварії на ХНО*».

Відношення: ЗХЗ = ПЗХЗ виглядає незвично. Довгострокове прогнозування необхідно проводити два рази на рік – додаток 6, коефіцієнт K_p [1; 6]. Наскільки це доречно відносно середньорічних метеорологічних умов по Україні? Чи має принципове значення зміна глибини зони можливого розповсюдження забрудненого повітря з показником в $\pm 20...50$ м для встановлення ступеня хімічної небезпеки АТО та ХНО, щоб додатково проводити математичні розрахунки та збільшувати кількість звітної документації? Яким чином визначається «забезпеченість населення засобами захисту у відсотках»?

Стан виконання постанови Кабінету Міністрів України від 19.08.2002 р. № 1200 [7] має більше питань, ніж відповідей. За [1] «Заходи захисту населення плануються на глибину ЗМХЗ, яка утворюється протягом перших 4 годин». В методиці не передбачено визначення, при довгостроковому прогнозуванні, такої глибини.

В [1] зазначено: «Аварійне прогнозування здійснюється під час виникнення аварії для визначення можливих наслідків аварії та *організації заходів щодо її ліквідації*».

Пропозиція: «... для організації і проведення заходів захисту населення і територій, організації заходів щодо її ліквідації». Аварійне прогнозування не передбачає визначення ЗМХЗ, оскільки це територія, в межах якої можливе переміщення хмари НХР з небезпечними для людини концентраціями, відповідно відбувається зменшення території, в межах якої необхідно передбачати (організувати) заходи захисту. Важливо: *...кількість людей на об'єкті (у населеному пункті), що можуть опинитися в ПЗХЗ (осіб)*.

А що дає виконання положення: при проведенні аварійного прогнозування враховувати середню щільність населення в місцевості, над якою розповсюджується хмара, забруднена НХР? Як це буде використано організаторами ліквідації наслідків в умовах цейтноту?

Аварійне прогнозування: «Для визначення фактичної ЗХЗ отримані розрахункові дані уточнюються шляхом проведення хімічної розвідки». Доречно було б додати «яка ведеться відповідно з ...» (яким документом?) і зробити посилання на «Методику спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки» [7; 8].

Враховуючи структуру Кодексу цивільного захисту, зокрема: Розділ IV і Розділ VI [2], *цілком слушно мати в тезах [1] про призначення довгострокового та аварійного прогнозування положення щодо організації «захисту населення і територій», з посиланням на відповідний документ*. Методика [1] рекомендує для визначення ГДК окремих НХР використовувати довідкові дані відповідних джерел. Але така науково-технічна та довідкова література, відповідні національні та міжнародні стандарти мають бути наведені у відповідному додатку до [1]!

Характер місцевості враховується для визначення коефіцієнта впливу місцевості, який залежить від комплексного показника, але відсутні пояснення щодо їх понять та як враховувати у тексті [1; 6] та у Додатках 5, 6 [9]. Зокрема, де передбачено врахування *глибини забудови, глибини лісового масиву?*

У Методиці 2001 [3] приклади визначення ступеня хімічної небезпеки ХНО та АТО, хай з певними недоліками, було показано, у [1] відсутні. За значенням ϵ – параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі доцільно мати довідкову таблицю, що скоротить витрати часу на проведення розрахунків.

Пропонуємо формули для розрахунку коефіцієнтів «а», «b₁», «b₂» [1] замінити розробленою таблицею 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти «а», «b₁», «b₂», що залежать від вертикальної стійкості повітря в приземному шарі

К	Ступінь вертикальної стійкості повітря для значень ϵ				
	Ізотермія	Конвекція		Інверсія	
	0	-0,1	-0,2	+0,1	+0,2
<i>a</i>	0,57	0,52	0,48	0,62	0,68
<i>b₁</i>	15,4	7,68	3,83	30,89	61,94
<i>b₂</i>	16,84	8,42	4,26	33,51	66,52

Питома швидкість випаровування E ($\text{кг}/\text{м}^2 \times \text{с}$). Не зрозуміло, навіщо надана формула, що потребує витрати додаткового часу на розрахунки)? Замість формули пропонуємо додати довідкову таблицю.

Загалом Методика [1] перевантажена складними математичними розрахунками, певними недоліками у визначенні термінів, або пояснення відсутні взагалі.

Нова Методика не забезпечує в повній мірі виконання положень наказу МВС саме тому, що готувалась без необхідного обговорення з науковцями та фахівцями-практиками.

Висновки

Введення в дію Методики [1] випало на часи карантину, пов'язаного з пандемією (COVID-19), які ще більше ускладнилися воєнним станом. Враховуючи, що Методика [1] не стала складовою практичної роботи

суб'єктів господарювання та темою аналізу й оцінки в наукових колах, пропонуємо МВС призупинити її дію і оголосити ґрунтовне обговорення із залученням до нього практиків, науковців та всіх зацікавлених осіб у вирішенні питань хімічної безпеки в Україні.

Автори статті провели розгорнутий аналіз із наданням пропозицій та рекомендацій щодо усунення розбіжностей, накладок, суперечних висловлювань Методики [1]. В контексті вдосконалення формулювання матеріалу надано пояснення термінам Методики. Зазначено, що доцільно користуватися Методикою, яка б відповідала таким принципам: простота застосування; оперативність визначення основних параметрів; ефективність та відносна точність наслідків прогнозу від аварій на НХР.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті : наказ МНС України 29 листопада 2019 року № 1000. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text>
2. Кодекс цивільного захисту України № 5403-VI від 02.10.2012 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
3. Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті : наказ від 27.03.2001 № 73/82/64/122. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text>
4. Сильнодействующие ядовитые вещества и защита от них. Под ред. к. х. н. контр-адмирала В. А. Владимиров. Москва : Военное издательство, 1989. 176 с. URL: <http://risk-2005.narod.ru4>.
5. РД 52.04.253-90. Методика прогнозування масштабів зараження сильнодіючими отруйними речовинами при аваріях (руйнуванні) на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті. *Цивільний захист*. № 52.04.253-90 від 23.03.90. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0253400-90#top>
6. Мітіна Н. Б., Плис М. М., Малиновська Н. В. Проблемні питання методики прогнозування наслідків аварії з небезпечними хімічними речовинами. *Безпека людини в сучасних умовах : зб. допов. XII Міжнар. наук.-метод. конф. та 144 Міжнар. наук. конф. Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS)*. (3–4 грудня 2020 р., НТУ «ХП»). Харків, 2020. 301 с. URL: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/50298/1/Conference_NTU_KhPI_2020_Bezpeka_liudyny.pdf
7. Порядок забезпечення населення і працівників формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту засобами індивідуального захисту, приладами радіаційної та хімічної розвідки, дозиметричного і хімічного контролю: постанова Кабінету Міністрів України від 19.08.2002 р. № 1200 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1200-2002-%D0%BF#Text>
8. Методика спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки: наказ МВС України від 27.11.2019 № 986. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0083-20#Text>

9. Плис М. М., Мітіна Н. Б., Музика І. А., Сипко В. Г. Зауваження та пропозиції щодо «Методики прогнозування наслідків вилу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварії на хімічно небезпечному об'єкті і транспорті». *Сучасні проблеми професійної та цивільної безпеки : зб. тез допов. II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції (28 квітня, 2022 р.)*. Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2022. С. 50–60. URL: <https://udhtu.edu.ua/ftk/tortab/kafoptbj/ndoptbj>

REFERENCES

1. *Metodyka prohozuvannia naslidkiv vylyvu (vykydu) nebezpechnykh khimichnykh rehovyn pid chas avarii na khimichno nebezpechnykh ob'iektakh i transporti : nakaz MNS Ukrainy 29 lystopada 2019 roku № 1000* [Methodology for forecasting the consequences of the spill (emission) of hazardous chemicals during accidents at chemically hazardous facilities and transport : order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine of November 29, 2019, no. 1000]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text> (in Ukrainian).

2. *Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy* [Code of Civil Protection of Ukraine]. No. 5403-VI dated 02.10.2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (in Ukrainian).

3. *Metodyka prohozuvannia naslidkiv vylyvu (vykydu) nebezpechnykh khimichnykh rehovyn pry avariiakh na promyslovykh ob'iektakh i transporti : nakaz vid 27.03.2001 № 73/82/64/122* [Methodology for forecasting the consequences of the spill (emission) of hazardous chemicals during accidents at industrial facilities and transport : order of March 27, 2001 no. 73/82/64/122]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text> (in Ukrainian).

4. *Sylnodeistvuiushchye yadovyye veshchestva y zashchyta ot nykh* [Powerful poisonous substances and protection against them]. Edit. by Cand. Sc. (Tech.), Rear admiral V.A. Vladymyrov. Moscow : Voyennoye izdatelstvo Publ., 1989, 176 p. URL: <http://risk-2005.narod.ru4> (in Russian).

5. *RD 52.04.253-90. Metodyka prohozuvannia masshtabiv zarazhennia sylnodiiuchymy otruinymy rehovynamy pry avariiakh (ruinuvanni) na khimichno nebezpechnykh ob'iektakh i transporti* [RD 52.04.253-90. Methodology for forecasting the scale of contamination with potent poisonous substances during accidents (destruction) at chemically hazardous facilities and transport]. *Tsyvilnyi zakhyst* [Civil Protection]. No. 52.04.253-90 dated 03.23.90. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0253400-90#top> (in Ukrainian).

6. Mitina N.B., Plis M.M. and Malynovska N.V. *Problemi pyannia metodyky prohozuvannia naslidkiv avarii z nebezpechnymy khimichnymy rehovynamy* [Problematic issues of the methodology of forecasting the consequences of an accident with dangerous chemical substances]. *Bezpeka liudyny u suchasnykh umovakh : zbirnyk dopovidei XII Mizhnarodnoi naukovo-metodychnoi konferentsii ta 144 Mizhnarodnoi naukovo konferentsii Yevropeiskoi Asotsiatsii nauk z bezpeky (EAS)* [Human safety in modern conditions : collection of reports of the XII International Scientific and Methodological Conference and the 144th International Scientific Conference of the European Association of Security Sciences (EAS)]. December 3–4, 2020, Kharkiv, 2020, 301 p. URL: [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/50298/1/Conference NTU KhPI 2020 Bezpeka liudyny.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/50298/1/Conference%20NTU%20KhPI%2020%20Bezpeka%20liudyny.pdf) (in Ukrainian).

7. *Poriadok zabezpechennia naseleння i pratsivnykiv formuvan ta spetsializovanykh sluzhb tsyvilnoho zakhystu zasobamy indyvidualnoho zakhystu, pryladamy radiatsiinoi ta khimichnoi rozvidky, dozymetrychnoho i khimichnoho kontroliu : postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 19.08.2002 r. № 1200* [The procedure for providing the population and employees of formations and specialized civil protection services with personal protective equipment, devices for radiation and chemical intelligence, dosimetric and chemical control : resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 19, 2002, no. 1200]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1200-2002-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).

8. *Metodyka sposterezhen shchodo otsinky radiatsiinoi ta khimichnoi obstanovky: nakaz MVS Ukrainy vid 27.11.2019 № 986* [Methodology of observations regarding the assessment of the radiation and chemical situation: order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated November 27, 2019, no. 986]. (in Ukrainian).

9. Plis M.M., Mitina N.B., Muzyka I.A. and Sytko V.H. *Metodyky prohozuvannia naslidkiv vylyvu (vykydu) nebezpechnykh khimichnykh rehovyn pid chas avarii na khimichno nebezpechnomu ob'iekti i transporti : zauvazhennia ta propozytsii shchodo* [Methodology for forecasting the consequences of a spill (release) of hazardous chemicals during an accident at a chemically hazardous facility and transport : remarks and suggestions regarding]. *Suchasni problemy profesiinoi ta tsyvilnoi bezpeky : zbirnyk tez dopovidei II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii* [Modern Problems of Professional and Civil Safety : collection of abstracts of reports of the 2nd International scientific and practical Internet-conference]. April 28, Dnipro : DVNZ UDKhTU Publ., 2022, pp. 50–60. URL: <https://udhtu.edu.ua/ftk/tortab/kafoptbj/ndoptbj> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 11.08.2022.

УДК 351.862.223

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.69.894

КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРОСТОРУ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ТИМЧАСОВОГО РОЗМІЩЕННЯ ЛЮДЕЙ ЗІ СТВОРЕННЯМ ПСИХОЛОГІЧНОГО КОМФОРТУ

НАЛИСЬКО М. М.^{1*}, докт. техн. наук, доц.,

БЄЛІКОВ А. С.², докт. техн. наук, проф.,

НАЖА П. М.³, канд. техн. наук, доц.,

ЛЕЩЕНКО С.⁴, студ.

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: 59568@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4039-1571

² Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

³ Кафедра інженерної геології і геотехніки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 746-00-42, e-mail: nazha.pavlo@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5852-0226

⁴ Факультет архітектури, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: 19112.leshchenko@365.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-2808-8425

Анотація. *Постановка проблеми.* Повномасштабна військова агресія сусідньої країни проти України породила безліч гуманітарних проблем катастрофічного характеру в нашій державі. Звісно, такі проблеми виникають у будь-якому збройному конфлікті із захопленням заселених територій. Один із крайніх заходів із захисту населення, передбачених законодавством, – це його евакуація із зони бойових дій. На жаль, цей захід зараз повною мірою застосовується в нашій державі. Наразі понад 7 мільйонів громадян України вимушені покинути своє житло та виїхати зі свого регіону проживання. Однією з фаз організації евакуації людей стало первинне тимчасове розселення та надання психологічної допомоги. З урахуванням кліматичних умов України, для первинного розселення повинно використовуватись відповідне житлове середовище. **Мета статті** – оцінення можливості використання простору громадських будівель для тимчасового розміщення евакуйованих людей зі створенням відносного психологічного комфорту. **Висновок.** Одна з ключових потреб людини, яка істотно впливає на психологічний стан, це наявність житлових умов. Для зменшення стресового навантаження у розробленні заходів з первинного розміщення необхідно передбачати мешкання таких груп у відокремленому просторі. Концепція первинного розміщення евакуйованих людей у перегородкових купе з використанням життєвого простору громадських будівель бачиться компромісною. Вона має дві переваги: це використання вже існуючих опалюваних приміщень з необхідними комунікаціями і можливістю всесезонного мешкання та створення умов для зниження стресового навантаження на людину за рахунок відокремленого мешкання у групі близьких людей. Концепція використання простору громадських будівель для швидкого тимчасового розміщення великої кількості біженців за принципом хабу спирається на необхідність урахування кліматичних умов і використання житла з опаленням і відповідними комунікаціями та можливості (відносно дешевого та швидкого) монтування в них перегородкових конструкцій, які формують окремих життєвий простір типу «купе».

Ключові слова: воєнний стан; біженці; тимчасове розміщення; громадська будівля; психологічний комфорт; кліматичні умови; житлове середовище

THE CONCEPT OF THE PUBLIC BUILDINGS SPACE USING FOR TEMPORARY PEOPLE ACCOMMODATION WITH THE CREATION OF PSYCHOLOGICAL COMFORT

NALYSKO M.M.^{1*}, Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

BELIKOV A.S.², Dr. Sc. (Tech.), Prof.,

NAZHA P.M.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

LESHCHENKO S.⁴, Stud.

^{1*} Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: 59568@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4039-1571

² Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

³ Department of Engineering Geology and Geotechnics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel.+38 (056) 746-00-42, e-mail: nazha.pavlo@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5852-0226

⁴ Faculty of Architecture, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel.+38 (056) 756-33-66, e-mail: 19112.leshchenko@365.pgasa.dp.ua

Abstract. Problem statement. The neighboring country's full-scale military aggression against Ukraine has created many humanitarian problems of a catastrophic nature in our country. Of course, such problems arise in any armed conflict involving the occupation of inhabited territories. One of the extreme measures for the protection of the population provided by the legislation is its evacuation from the combat zone. Unfortunately, this measure is now fully implemented in our country. Today, more than 7 million citizens of Ukraine are forced to leave their homes and leave their region of residence. One of the phases of organizing the evacuation of people is primary temporary resettlement and provision of psychological assistance. Taking into account the climatic conditions of Ukraine, a suitable living environment must be used for primary resettlement. **The purpose of the article** – assessment of the possibility of public buildings space using for temporary accommodation of evacuated people with the creation of relative psychological comfort. **Conclusions.** One of the key human needs that significantly affects the psychological state is the availability of living conditions. In order to reduce the stress load, during the development of primary accommodation measures, it is necessary to provide for the living of such groups in a separate space. The concept of primary accommodation for evacuees in partitioned compartments using the living space of public buildings is a compromise, but it has two advantages: the use of existing heated rooms with the necessary utilities and the possibility of all-season accommodation and the creation of conditions to reduce the stress on the individual by separating the people closest to them. The concept of public buildings space using for the quick temporary accommodation of a large number of people according to the hub principle is based on the need to take into account climatic conditions and the use of housing with heating and appropriate communications and the possibility of (relatively cheap and fast) installation of partition structures in them that form a separate living space of the “compartment” type.

Keywords: *state of war; refugees; temporary accommodation; public building; psychological comfort; climatic conditions; residential environment*

Постановка проблеми. Повномасштабна військова агресія сусідньої країни проти України породила безліч гуманітарних проблем катастрофічного характеру в нашій державі. Звісно, такі проблеми виникають у будь-якому збройному конфлікті із захопленням заселених територій. Спроможність держави протистояти такій агресії полягає не тільки у спроможності давати військову відсіч на територіальні зазіхання агресора, а й вирішувати гуманітарні проблеми, що виникають. Ці зобов'язання держави викладені у положеннях «Кодексу цивільного захисту України», закону України «Про правовий режим воєнного стану» та інших нормативно-правових документах.

Один із крайніх заходів із захисту населення передбачених законодавством, – це його евакуація із зони бойових дій. На жаль, цей захід зараз повною мірою застосовується в нашій державі. На сьогоднішній день понад 7 мільйонів

громадян України вимушені покинути власні домівки та виїхати зі свого регіону проживання. Частина цих людей, які й повертаються у звільнені від агресора міста та населені пункти, не мають де жити. Наприклад, тільки у м. Ірпінь без житла залишилося 27 % населення, що складає 16 358 чоловік.

Такі безпрецедентні кількості евакуйованих людей в цивілізованому світі останній раз існували ще за часів Другої світової війни та у збройному конфлікті у колишній Югославії.

Багато країн світу надають допомогу у розміщенні наших евакуйованих громадян, але більшість залишаються в Україні. Так, у Дніпропетровській, Полтавській та Запорізькій областях зареєстровано понад 200 тис. осіб у кожній.

Одна з фаз організації евакуації людей – первинне тимчасове розселення та надання психологічної допомоги. З урахуванням кліматичних умов України, для первинного

розселення повинно використовуватись відповідне житлове середовище.

Аналіз публікацій. Сучасна світова практика проектування заходів із евакуації великої кількості людей та їх швидке розміщення на нових територіях, окрім розселення у наявні житлові приміщення, у більшості ґрунтується на облаштуванні модульних містечок, розгортанні армійських легких житлових конструкцій (каркасно-тентових, мембранних, пневмокаркасних та каркасних наметів різноманітної конфігурації), які застосовуються тільки у теплий період року.

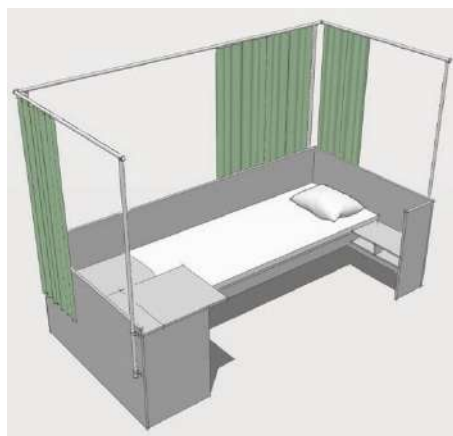
В Україні процес розміщення біженців регулюється Законом України «Про біженців та осіб, які потребують додаткового або тимчасового захисту» [1], Положенням про пункти тимчасового розміщення біженців [2], Наказом МВС

України «Вимоги до матеріально-побутового забезпечення біженців та осіб, які потребують додаткового захисту, що проживають у пунктах тимчасового розміщення біженців» [3].

Після 2014 року це питання стало дуже актуальним для України, а до його рішення залучалось все більше проектних бюро. Так, Харківське архітектурне бюро «Drozdov & Partners» разом із «Replus bureau та Romarenko Bureau» пропонували проекти центрів для внутрішньо переміщених осіб. Їхнє рішення – модульні каркаси з картонних труб, які відносно прості у монтажі, їх можна використовувати повторно і віддавати на переробку (рис. 1, а). Компанія «Loft Büro» створила проект модулів, які можна розмістити в спортивних залах, шоурумах, офісах чи навіть бомбосховищах. (рис. 1, б, в) [4].



а



б



в

Рис. 1. Варіанти модульних каркасів для швидкого розміщення людей у будівлях

Агенція «+couple» разом із майстернею «22F» розробили концепт місць для тимчасового розміщення переселенців у великих відкритих просторах із мінімальними елементами індивідуального використання. У «Balbek Bureau» розробили систему модульного містечка RE:Ukraine (рис. 2, а) [4]. Студія «Dekart Studio» представила концепт модульного житла для тих, хто втратив дах над головою під час війни; круглі будинки, які можна виробляти на місцях з використанням локальних матеріалів (рис. 2, б) [4].

Але загальна забезпеченість внутрішньо переміщених осіб таким житлом у модульних містечках надто мала.

Максимально зручне розміщення переселених людей розглядається також як елемент психологічної допомоги [5].

Мета статті – оцінення можливості використання простору громадських будівель для тимчасового розміщення евакуйованих людей зі створенням відносно психологічного комфорту.

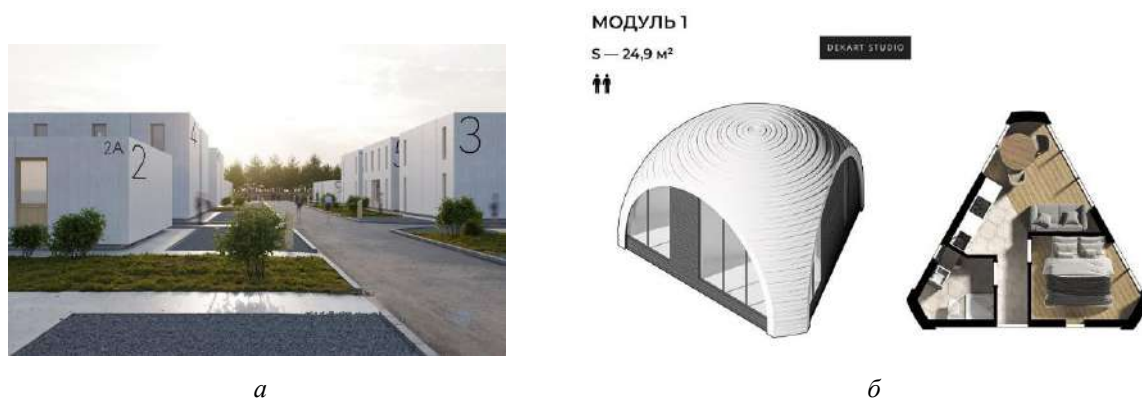


Рис. 2. Варіант модульного містечка (а) та круглого будинку (б)

Результати дослідження. Наразі потік евакуйованих людей із зони бойових дій, на жаль, не припиняється. Не менше третини (а в деякі періоди і 50 %) з них потребують соціального, як тимчасового, так і постійного житла. У переселенських центрах (the hub) таким людям пропонують первинне (на декілька днів) розміщення у громадських будівлях, які зазвичай перебувають у державній або комунальній власності: школах, клубах, колишніх палацах культури. Розміщують їх, як правило, на розкладних спальних місцях або на матрацах на підлозі у великих приміщеннях на десятки осіб (рис. 3). Звісно, таке вимушене розміщення ще більш емоційно виснажує та погіршує психологічний стан людини, яка після пережитого у зонах бойових дій, можливо, втрати близьких людей, потребує всілякої допомоги.

На початку 2000-х років, під час збройного конфлікту в колишній Югославії кількість біженців оцінювалась близько 4 млн осіб (із загального числа населення 21 млн). Незважаючи на таку велику кількість людей, країна змогла розмістити їх із самого початку у відносно комфортних умовах, у житлових приміщеннях, за рахунок того, що в Югославії була розвинута курортна сфера, все її велике морське узбережжя було забудоване численними пансіонатами, санаторіями, кемпінгами.

Гуманітарна допомога біженцям (а саме так, за класифікацією Міжнародної організації у справах біженців (IRO), називають людей, які вимушено покинули своє житло, майно і звичайні місця

проживання [6; 7]) складається із забезпечення таких основних потреб людини у названому пріоритеті:

- невідкладна або екстрена медична допомога (у тому числі психологічна);
- потреба у їжі, одязі, ліках, теплі;
- потреба у житлових та санітарно-побутових умовах;
- правовий статус, можливість отримувати дохід за рахунок роботи чи соціальної допомоги;
- навчання, соціальні зв'язки, тощо.



Рис. 3. Первинне розміщення біженців у громадських закладах в Україні та Європі

Психологічна допомога для людей, які евакуювались із зон бойових дій, має особливе значення, на відміну від випадків евакуації від стихійних лих, природних чи техногенних катастроф. Ця відмінність

полягає в тому, що в останньому випадку людина чітко розуміє тимчасовість такого становища і можливість відновлення у найближчому майбутньому попереднього укладу життя. Це дає людині психологічні можливості витримувати тягар становища, в якому вона опинилася.

У разі воєнних дій сотні тисяч громадян втратили своє житло та майно назавжди (не кажучи про втрату близьких), а в умовах війни людина не може ідентифікувати своє майбутнє у коротко- та середньостроковій перспективі. Це ускладнює психологічний стан людини і як наслідок зменшує можливість пристосування до нових реалій та умов існування [8; 9].

Одна з ключових потреб, яка істотно впливає на психологічний стан людини, це наявність житлових умов. Еволюційно склалося так, що людина, як біологічна особа, хоча і є соціальною істотою, проживає у соціумі, але потребує індивідуальної житлової території для себе і своєї родини (близьких). У цьому разі вона відчуває захищеність, стабільність соціального положення, може уявляти життєві перспективи.

Надання людині можливості мешкати у відносно індивідуальному просторі у перший період після евакуації значно зменшує стресовий рівень у її психологічному стані.

Як показує сьогоденна статистика, під час евакуації у більшості випадків потік людей складається з невеликих груп (3–5 осіб), об'єднаних родинними або іншими (дружніми, сусідськими тощо) стосунками, у яких є довіра, взаємодопомога, емпатія, психологічний комфорт. Отож розробляючи заходи для первинного розміщення, необхідно передбачати мешкання таких груп у відокремленому просторі. Під таким простором розуміється від найпростішого – ширма, перегородка, до кімнати в

гуртожитку, комунального помешкання, окремої квартири.

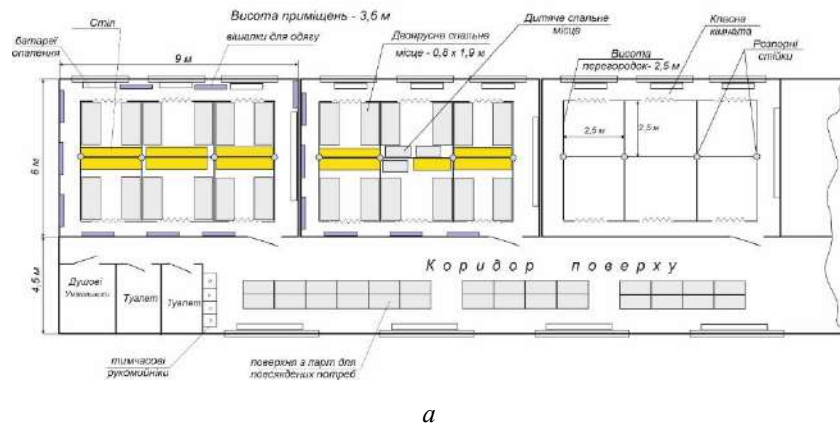
На жаль, наша держава не має значних обсягів таких житлових приміщень для швидкого розміщення великої кількості людей. Але з цією метою, з мінімальним переобладнанням можна використовувати простір громадських будівель, яких в Україні з часів радянського будівництва дуже багато. Це будівлі навчальних закладів, палаців (будинків) культури, клубів. Наприклад, в одній тільки Вінницькій області є 1 360 будівель сільських, районних та міських будинків культури [10].

Концепція використання простору громадських будівель для швидкого тимчасового розміщення великої кількості людей за принципом хабу спирається на необхідність урахування кліматичних умов і використання житла з опаленням і відповідними комунікаціями та можливості відносно дешевого та швидкого монтування в них перегородкових конструкцій, які формують окремих життєвий простір типу «купе».

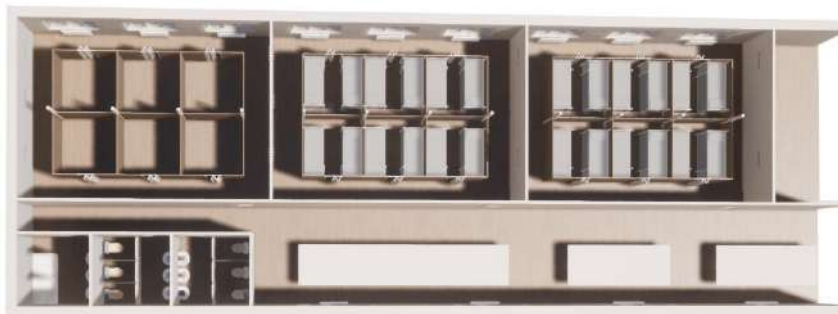
Досвід використання такого типу житлового простору в Україні вже є: приміром, у м. Ірпінь мешканців, які втратили житло, тимчасово оселили в купейних вагонах, сформувавши невелике містечко [11].

Найбільш зручним виявилось використання будівель шкіл та дошкільних закладів з урахуванням того, що, окрім опалення та інших комунікацій, тут передбачено приміщення їдальні або кухні, де дуже зручно організувати пункт харчування. Також є можливість встановити пральні машини тощо.

Схема найпростішого формування такого житлового простору у крилі типової будівлі школи на одному поверху з трьома класними кімнатами з мінімальним розміром 6×9 м наведена на рисунку 4.



а



б



в



г

Рис. 4. Поверх-крило шкільної будівлі на три класні кімнати з розташуванням перегородкових купе на 24–26 дорослих осіб у кожному класі: а – схема розташування перегородкових конструкцій з прив'язкою до планування поверху; б – візуалізація розташування перегородкових купе; в, г – вигляд перегородкових конструкцій без ліжок та з повним комплектом двоярусних ліжок

Особливості формування купе такі, що для забезпечення санітарних норм із вентиляції та освітлення перегородкові конструкції мають висоту 2,5 м при повній висоті стелі класної кімнати – 3,6 м [12]. Жорсткість перегородкових конструкцій, які є розбірними і встановлюються тимчасово, може бути забезпечена кількома варіантами.

На рисунку 4 *в, г* пропонується встановити чотири розпірні бруси (з дерева або металу). Вхід до купе закривається тканинною ширмою. Купе має розміри 2,5 × 2,5 м, що дозволяє розмістити два двоярусні спальні ліжка розміром 0,8 × 1,9 м, вбудовану стілець-поверхню для дрібних речей (рис. 4, *а*); прохід між ліжками – 0,9 м.

Під ліжками достатньо міста для речей. Верхній одяг розміщують на вішаках зачепленої за торець перегородки, збоку над стільцем або тимчасово у проході на вішаках, прикріплених до стіни. Прохід між стіною та купе – не менше 0,5 м при мінімальній ширині класної кімнати 6 м.

Планування таких купе розраховане лише на відпочинок та сон на ліжках, але всі незручності тісного розташування нівелюються психологічним комфортом перебування близьких людей у відокремленому просторі.

Життєве середовище у коридорі поверху складають шкільні парти або столи зі стільцями, встановленими посередні коридору (рис. 4, *а, б, г*). Тут зручно займатися повсякденними справами.

Кожний поверх у шкільному блоку обладнаний туалетними кімнатами та підсобним приміщенням, яке легко дообладнати умивальниками або душовими. Для поліпшення санітарно-гігієнічних умов, дуже швидко можна встановити додаткові

умивальники на стіні туалетної кімнати з боку коридору (рис. 4, *а*). З іншого боку цієї стіни проходять водна та каналізаційна комунікація, отож до них легко приєднати умивальники.

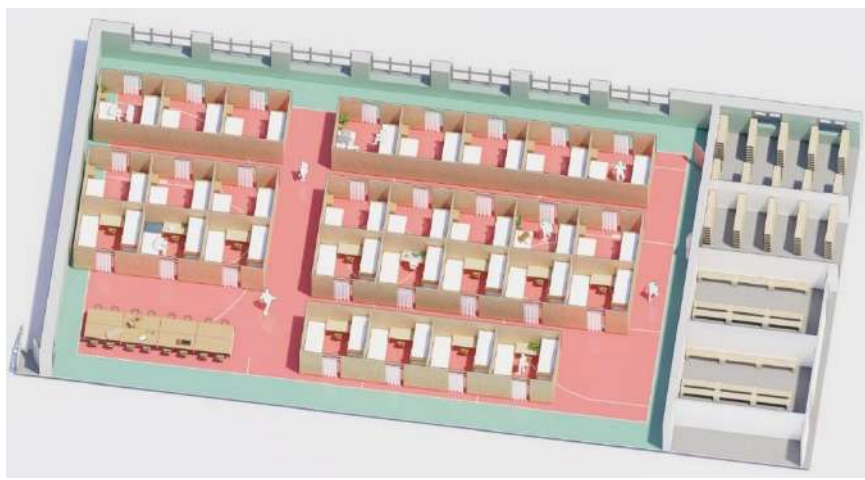
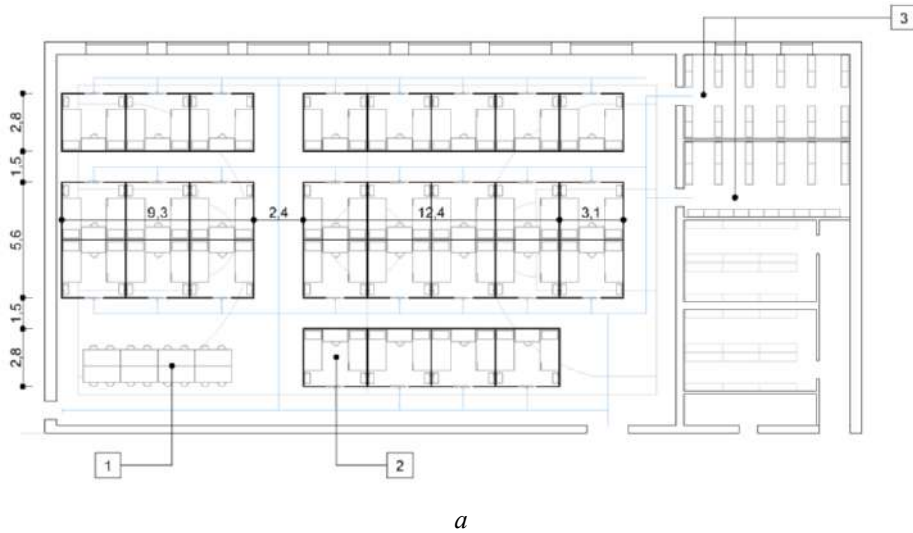
На відміну від загального розташування людей (рис. 5), перегородкові конструкції дещо ускладнюють санітарну обробку приміщень, але за наявності сучасних аерозольних засобів протиепідемічної обробки поверхонь можлива організація почергової карантинної (на 1–2 доби) обробки поверхів.

Звісно, що багато факторів комунального співмешкання в цьому випадку не вирішені (звукоізоляція, окреме освітлення, зберігання власних речей тощо), але це компроміс між витратами на облаштування тимчасового відокремленого житла для створення психологічного комфорту у групі близьких людей.

Таким чином, на поверсі обладнується життєве середовище для 72–78 дорослих людей з підлітками, в якому спальні місця відокремлені.

За наявності більших за площею приміщень, наприклад, спортзалів можливе облаштування в них додаткового приміщення для зберігання речей у викладацьких кімнатах чи приміщеннях для зберігання спортінвентарю (рис. 5).

Для більшого відокремлення груп людей входи в купе слід розташовувати поверненими до стіни або іншого ряду перегородкових конструкцій (рис. 5, *б*). Оскільки висота спортивного залу не дозволяє встановлювати розпірні конструкції, жорсткість перегородкових купе можливо організувати з використанням анкерних штирових конструкцій (рис. 6).



*Рис. 5. Організація розміщення перегородкових купе на 112 осіб у великих приміщеннях типу спортзалу:
а – схема розміщення перегородкових конструкцій у прив'язці до плану приміщення
(1 – поверхні для повсякденних дій, 2 – перегородкові купе, 3 – приміщення для зберігання речей);
б – візуалізація приміщення спортзалу з перегородковими конструкціями*

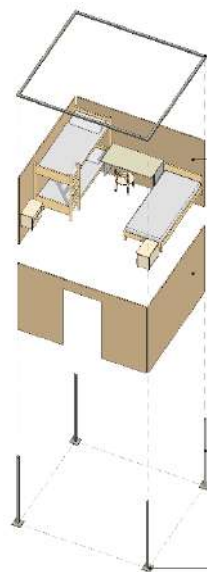


Рис. 6. Кріплення жорсткості для перегородкових конструкцій

Наявність великої кількості горючих перегородкових конструкцій в одному приміщенні збільшує пожежну небезпеку. Отож пропонується не тільки оснащення приміщення відповідною кількістю вогнегасників, а і влаштування протипожежного поста для цілодобового чергування волонтерів, які у разі необхідності швидко та кваліфіковано застосують засоби первинного пожежогашіння.

Як варіант, для виготовлення перегородок застосовують ДСП, до складу

яких внесені антипіренові домішки, що складаються з уповільнювачів горіння (борат, фосфат або хлорид амонію, фосфорна кислота та її солі), синергістів та стабілізаторів.

Для первинного розміщення великої кількості евакуйованих можна облаштувати більш функціональні купе на 2–3 особи з додаванням столу, стільців, шафи чи тумбочки. В цьому разі перегородкові купе у кімнатах шкільних класів розташовують уздовж стіни з вікнами (рис. 7).



a



б

Рис. 7. Планувальне рішення облаштування перегородкових купе для середньотривалого розселення переселенців у класних кімнатах будівлі школи: а – схема розташування перегородкових конструкцій з прив'язкою до планування класної кімнати (1, 4 – стіл; 2, 3 – ліжка; 5 – шафа); б – візуалізація варіантів планування перегородкових купе

Перегородкові конструкції можна виготовляти із шліфованих або ламінованих ДСП зі стандартним меблевим кріпленням, у цьому разі відносно швидко налагоджується виготовлення комплектів перегородкових конструкцій у будь-якому меблевому цеху або на підприємстві.

Після зникнення потреби розміщення людей у таких місцях, перегородкові конструкції легко демонтуються і приміщення повертаються у використання за звичайним призначенням з мінімальним обсягом відновних робіт.

Висновок. Розглянута концепція первинного розміщення евакуйованих людей у перегородкових купе з

використанням життєвого простору громадських будівель, звісно, залишається компромісною, але вона має такі переваги: 1) використання вже існуючих опалюваних приміщень із необхідними комунікаціями; 2) можливість всесезонного мешкання та створення умов для зниження стресового навантаження на людину за рахунок відокремленого мешкання у групі близьких людей.

Цей варіант швидкого розміщення великої кількості людей необхідно оцінити за витратами, часом монтажу та загальним терміном підготовки будівлі до приймання біженців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про біженців та осіб, які потребують додаткового або тимчасового захисту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3671-17#Text>
2. Положення про пункти тимчасового розміщення біженців : наказ МВС України від 14.06.2018 № 503. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0788-18#Text>

3. Вимоги до матеріально-побутового забезпечення біженців та осіб, які потребують додаткового захисту, що проживають у пунктах тимчасового розміщення біженців : наказ МВС України від 28.03.2016 № 217. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0833-16#Text>

4. Архітектурні проекти для тимчасових переселенців. URL: <https://ukrainer.net/zhytlo/> (дата звернення: 01.06.2022).

5. Росінська О. Психологічна підтримка під час війни. *Охорона праці*. 2022. № 5. С. 46–50.

6. Развитие определения беженца в Международном праве беженца. URL: <http://surl.li/cmzxy> (дата звернення: 01.06.2022).

7. Определение статуса беженцев. Отдел международной защиты Управления Верховного комиссара ООН по делам беженцев. URL: <http://surl.li/cadna> (дата звернення: 01.06.2022).

8. Кісарчук З. Г., Омельченко Я. М., Лазос Г. П., Литвиненко Л. І. [та ін.]. Психологічна допомога постраждалим внаслідок кризових травматичних подій : методичний посібник. За ред. З. Г. Кісарчук. Київ : ТОВ «Видавництво «Логос», 2015. 207 с.

9. Основи реабілітаційної психології : подолання наслідків кризи : навч. посіб. Том 3. Загальна редакція : Л. Гридковець. Київ, 2018. 236 с.

10. «Перезагрузка» сельских клубов. URL: <https://day.kyiv.ua/ru/article/den-ukrainy/perezagruzka-selskih-klubov> (дата звернення: 01.06.2022).

11. В Ирпене людей поселили в вагонах : как выглядит жилье с душами и барбекю. URL: <http://surl.li/cnmcx> (дата звернення: 01.06.2022).

12. ДСанПіН 5.5.2.008-01. Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу. 49 с. (Державні Санітарні Правила та Норми).

REFERENCES

1. *Zakon Ukrainy “Pro bizhentsiv ta osib, yaki potrebuiut dodatkovoho abo tymchasovoho zakhystu”* [Law of Ukraine “On Refugees and Persons in Need of Additional or Temporary Protection”]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3671-17#Text> (in Ukrainian).

2. *Polozhennia pro punkty tymchasovoho rozmishchennia bizhentsiv : nakaz MVS Ukrainy vid 14.06.2018 № 503* [Regulations on temporary accommodation points for refugees: order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 06/14/2018 no. 503]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0788-18#Text> (in Ukrainian).

3. *Vymohy do materialno-pobutovoho zabezpechennia bizhentsiv ta osib, yaki potrebuiut dodatkovoho zakhystu, shcho prozhyvaiut u punktakh tymchasovoho rozmishchennia bizhentsiv : nakaz MVS Ukrainy vid 28.03.2016 № 217* [Requirements for material and household support of refugees and persons in need of additional protection living in temporary refugee accommodation centers: order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 03/28/2016 no. 217]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0833-16#Text> (in Ukrainian).

4. *Arkhitekturni proiekty dlia tymchasovykh pereselentsiv* [Architectural projects for temporary migrants]. URL: <https://ukrainer.net/zhytlo/> (date of application: 01.06.2022). (in Ukrainian).

5. Rosinska O. *Psykhologichna pidtrymka pid chas viiny* [Psychological support during the war]. *Okhorona pratsi* [Occupational Health]. 2022, no. 5, pp. 46–50. (in Ukrainian).

6. *Razvitie opredeleniya bezhenca v Mezhdunarodnom prave bezhenca* [Development of the refugee definition in International Refugee Law]. URL: <http://surl.li/cmzxy> (date of application: 01.06.2022). (in Russian).

7. *Opredelenie statusa bezhencev. Otdel mezhdunarodnoj zashchity Upravleniya Verkhovnogo komissara OON po delam bezhencev* [Determining refugee status. Division of International Protection Office of the United Nations High Commissioner for Refugees]. URL: <http://surl.li/cadna> (date of application: 01.06.2022). (in Russian).

8. Kisarchuk Z.H., Omelchenko Ya.M., Lazos H.P., Lytvynenko L.I. and oth. *Psykhologichna dopomoha postrazhdalym vnaslidok kryzovykh travmatychnykh podii : metodychnyi posibnyk* [Psychological assistance to victims of crisis-traumatic events : methodical guide]. Edited by Z.G. Kisarchuk. Kyiv : Lohos Publ., 2015, 207 p. (in Ukrainian).

9. Hrydkovets L. *Osnovy rehabilitatsiinoi psykhologii : podolannia naslidkiv kryzy : navch. posib.* [Basics of rehabilitation psychology: overcoming the consequences of the crisis : education manual]. Vol. 3. General edition: L. Hrydkovets. Kyiv, 2018, 236 p. (in Ukrainian).

10. “Perezagruzka” selskykh klubov [“Reboot” of rural clubs]. URL: <https://day.kyiv.ua/ru/article/den-ukrainy/perezagruzka-selskih-klubov> (date of application: 01.06.2022). (in Russian).

11. *V Yrpene liudei poselyly v vahonakh : kak vyhliadyt zhyle s dushamy y barbekiu* [In Irpen, people were settled in wagons: what housing looks like with showers and a barbecue]. URL: <http://surl.li/cnmcx> (date of application: 01.06.2022). (in Russian).

12. *DSanPiN 5.5.2.008-01. Derzhavni sanitarni pravyla i normy vlashtuvannia, utrymannia zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv ta orhanizatsii navchalno-vykhovnoho protsesu* [DSanPiN 5.5.2.008-01. State sanitary rules and regulations for setting up, maintaining general educational institutions and organizing the educational process]. 49 p. (State Sanitary Rules and Norms). (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 10.09.2022.

УДК: 72-711.4 (477.63)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.80.895

ІННОВАЦІЙНІ ВЕКТОРИ ТВОРЧОСТІ НАРОДНОГО АРХІТЕКТОРА УКРАЇНИ ВОЛОДИМИРА ВЕСНІНА

ПОДОЛИННИЙ С. І.^{1*}, *ст. викл.*,
КАПЛЕНКО Д. Д.², *студ.*

^{1*} Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 5398679, e-mail: podolynnyi.serhii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-6073-2391

² Архітектурний факультет, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 6847017, e-mail: g1rk1na89@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6034-9373

Анотація. Багатогранна творча діяльність народного архітектора України Володимира Івановича Весніна гідна того, щоб бути систематизованою та широко презентованою. Яскравим та результативним вектором спадку В. І. Весніна стали його інноваційні проєктні пошуки. Будівлі Обласного суду (зараз Апеляційний суд Дніпропетровської області), Річкового вокзалу та Центрального автовокзалу – наочні приклади новітніх для свого часу архітектурно-містобудівних рішень. **Мета статті:** – дослідити інноваційні вектори творчості народного архітектора України В. І. Весніна. **Завдання** – виділити найбільш яскраві з об'єктів майстерні В. І. Весніна, що мають інноваційні риси. Дати характеристику окремим векторам інноваційного пошуку. Сформувати ілюстративний та сутнісний матеріал для доповнення відповідних лекцій навчальних дисциплін архітектурного факультету ПДАБА. **Висновки** 1. Серед найбільш значущих для міста архітектурних задумів та проєктів майстерні В. І. Весніна, що мають інноваційні риси, слід виділити: Центральний автовокзал, Річковий вокзал та будівлю Обласного суду. 2. У творчому доробку В. І. Весніна можна виокремити такі головні напрями інноваційного пошуку: ідеологічний: спирається на принципи формування громадянського суспільства демократичної вільної держави; стилістичний: амбівертність у підходах до формування стилістичних характеристик архітектурних об'єктів; містобудівний: гармонійна взаємодія нових будівель з навколишнім архітектурним контекстом і природною основою; композиційний: кінцевий продукт архітектурно-містобудівної діяльності – архітектурний ансамбль. Ілюстративний та сутнісний матеріал статті може бути використаний для доповнення відповідних лекційних курсів теоретичних навчальних дисциплін архітектурного факультету Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.

Ключові слова: *архітектура; містобудування; інноваційні проєкти; автовокзал; річковий вокзал*

INNOVATIVE VECTORS IN THE CREATIVITY OF VOLODYMYR VESNIN, PEOPLE'S ARCHITECT OF UKRAINE

PODOLYNNYI S.I.^{1*}, *Senior Lect.*,
KAPLENKO D.D.², *Stud.*

^{1*} Department of Architectural Design and Urban Planning, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and, 24-a, Architect Oleg Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (067) 539-86-79, e-mail: podolynnyi.serhii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-6073-2391

² Faculty of Architecture, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleg Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (095) 684-70-17, e-mail: g1rk1na89@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6034-9373

Abstract. The multifaceted creative activity of the People's Architect of Ukraine Volodymyr Ivanovich Vesnin deserves to be systematized and widely presented. A bright and effective vector of V.I. Vesnin's legacy is his innovative design research. The buildings of the Regional Court (now the Court of Appeal of the Dnipropetrovsk Region), the River Station and the Central Bus Station are vivid examples of the newest architectural and urban planning solutions for their time. **The purpose of the article:** to explore the innovative vectors of V.I. Vesnin's creativity. **Tasks:** To highlight the most striking objects of V.I. Vesnin's workshop, which have innovative features. To characterize individual vectors of innovative research. To create illustrative and essential material to supplement the relevant lectures for the academic disciplines at the Faculty of Architecture in PSACEA. **Conclusions.** 1. Among the most significant architectural ideas and projects of Vesnin's workshop with innovative features for the city are: The Central Bus Station, the River Station and the Regional Court. 2. In the creative legacy of V.I. Vesnin, the following

main directions of innovative research can be distinguished: ideological: based on the principles of civil society formation in a democratic free state; stylistic: ambivalence in approaches to the formation for stylistic characteristics of architectural objects; urban planning: harmonious interaction of new buildings with the surrounding architectural context and natural basis; composite: the final product of architectural and urban planning activity – an architectural ensemble. The illustrative and substantive material of the article can be used to supplement the relevant lecture courses of the theoretical academic disciplines at the Faculty of Architecture in the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Keywords: *architecture; urban planning; innovative projects; bus station; river station*

Постановка проблеми. Зараз наша країна переживає скрутний, кризовий період. Перспективи її виживання передбачають корінні зміни у всіх сферах діяльності. Необхідність прийняття інноваційних принципів розвитку України зумовлює неминучу перебудову архітектурно-містобудівельної галузі. Переосмислення досвіду інноваційних рішень, які вже має наша країна, – це одна з головних ланок процесу перебудови.

Серед низки таких переломних моментів в архітектурно-будівельній діяльності є період, безпосередньо пов'язаний з м. Дніпро. Мова йде про перетворення в архітектурі міста у 1970–1980 роках. Одним із фрагментів цих процесів була творчість Володимира Івановича Весніна (людини, яка внесла у діяльність архітектурної спільноти міста могутню хвилю інноваційних для свого часу архітектурних рішень). Такі об'єкти як Річковий вокзал, Центральний автовокзал, Обласний суд і зараз дивують сміливістю та оригінальністю архітектурних рішень. Але наукових досліджень, або навіть будь-якої інформації, що висвітлює професійну творчість видатного архітектора, дуже мало.

Так, незважаючи на те, що з моменту відкриття Центрального автовокзалу у м. Дніпро минуло майже 30 років, на єдиному сайті автовокзалу «Дніпро», де вказана інформація про архітектора видатної споруди, його ім'я написано з помилкою: «Автовокзал «Дніпро». Побудований в 1993 році. Центральний автовокзал Дніпра спроектував архітектор *Василь Веснін*» [1], а на сайті «Архітектура Дніпра» інформація про цей об'єкт взагалі обмежується одним реченням: «Автовокзал — закінчено у 1993 р.» [2].

Такі помилки або відсутність інформації про архітекторів – це результат фрагментарності досліджень творчості українських архітекторів другої половини ХХ століття. І це характерне явище для України. Є лише поодинокі праці, як, наприклад, дослідження творчості Леоніда Сергійовича Супоніна [7] та первинна систематизація творчого доробку майстрів архітектури в наукових розробках студентських дипломних проектів [6].

Від нестачі такої інформації страждають лекційні навчальні дисципліни архітектурних факультетів, які обов'язково повинні включати ілюстративний та теоретичний матеріал щодо творчості усіх провідних архітекторів України [9].

Саме тому дослідження професійної творчості архітектора В. І. Весніна стало актуальним і заслуговує неабиякої уваги.

Аналіз публікацій. Становлення та творчий шлях В. І. Весніна досліджені мало. До матеріалів суто інформаційного характеру можна віднести короткий нарис у книзі «Днепропетровск. Архитекторы» [3, с. 162–163], згадки видатних об'єктів із підтвердженням авторства у книзі Л. Н. Кузикова, С. Н. Антонова (2009): «Екатеринослав – Днепропетровск. Архитектура и архитекторы» [4] та декілька принтів газетних статей.

Частково біографічні дані та перелік малої частки творчого доробку наведені у матеріалах особистої справи з архіву Дніпропетровської обласної організації Національної спілки архітекторів України.

До джерел більш суб'єктивного характеру можна віднести відеоінтерв'ю, яке взяв у В. Весніна архітектор Єгор Шулик для Архітектурного центра Відня у 2012 році [5].

У доступних закордонних джерелах посилань на творчість або проекти В. І. Весніна не знайдено. До джерел, які можуть слугувати методичною та теоретичною основою дослідження, можна віднести праці Б. С. Черкеса (2006) та В. Р. Раннєва (1987) [8; 10].

Таким чином, головним джерелом осмислення діяльності В. І. Весніна став аналіз проектних пропозицій, що залишилися не здійсненими, та тих, що втілені в життя, а також їх проектне буття. Ця робота спирається лише на аналіз побудованих споруд.

Мета статті – дослідити інноваційні вектори творчості народного архітектора України В. І. Весніна.

Завдання

1. Виділити найбільш яскраві з об'єктів майстерні В. І. Весніна, що мають інноваційні риси.

2. Дати характеристику окремим векторам інноваційного пошуку.

3. Сформувати ілюстративний та сутнісний матеріал для доповнення відповідних лекцій навчальних дисциплін архітектурного факультету ПДАБА.



Рис. 1. Народний архітектор України : Веснін Володимир Іванович (22.03.1942–5.05.2015)

Виклад матеріалу. Володимир Іванович Веснін (рис. 1) народився на Алтаї, де закінчив архітектурний факультет

Новосибірського інженерно-будівельного інституту. У 1973 році він прийняв пропозицію працювати у м. Дніпропетровськ, де і відбувся як яскрава творча особистість. За наполегливу працю у 1992 році архітектор удостоєний звання заслуженого архітектора України, а у 2009 році – звання народного архітектора України.

У той час домінуючим стилістичним напрямом у місті був пізній модернізм. Його філософія відповідала настроям у суспільстві та економічним можливостям. Різноманітні промислові підприємства на чолі з флагманом Південмашем надавали міцний фундамент для архітектурно-містобудівної діяльності. За дуже короткий період В. І. Веснін стає безумовним лідером проектно-майстерні ДПП Дніпроцивіль-проект.



Рис. 2. Розташування річкового порту на місцевості

Уже в перших проектах цієї майстерні були помітні відмінності від того, що пропонували його колеги. Перш за все, це дуже прискіпливе ставлення до містобудівного аспекту проектних рішень. Особливості архітектурного контексту стають важливішим фактором функціональних, конструктивних та образно-художніх характеристик об'єкта.

Найяскравіший приклад – будівля **Річкового порту** в м. Дніпро (рис. 2, 3). Це не просто об'єкт мережі річкового водного транспорту. Це яскравий архітектурний об'єкт, який завершує важливу містобудівну поперечну вісь міста. Вона йде з глибинних територій міста до її головного елемента – річки Дніпро.

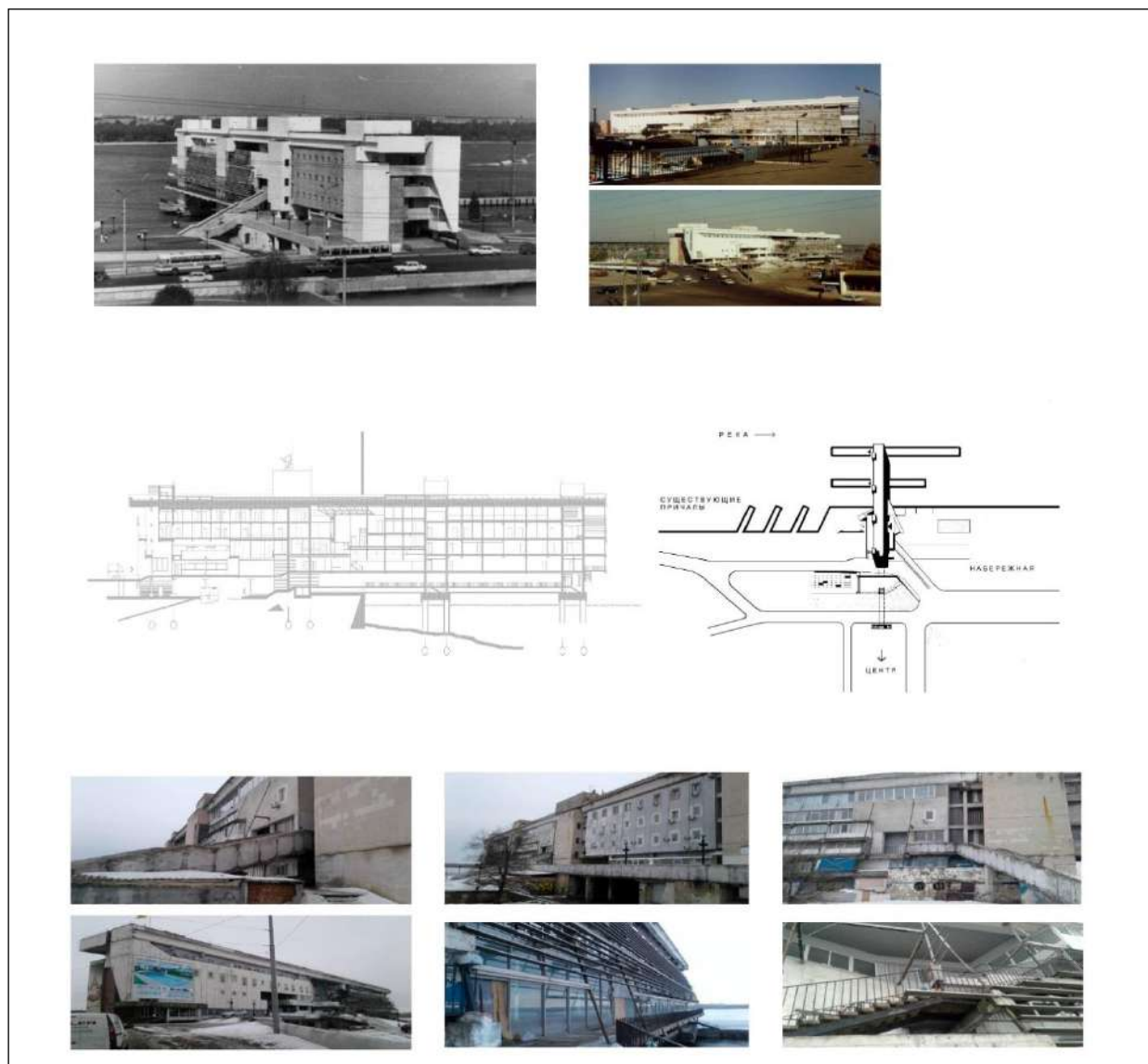


Рис. 3. Річковий порт у м. Дніпро (будівництво завершено у 1988 році) : річковий транспортний вузол розташований за адресою вул. Десантників, 1; співавтори : Т. А. Свірежева, С. Г. Сапрунова, О. В. Хничов; ЗБК; стилістика : неомодернізм

Будівля акцентує місце зустрічі міста з великою рікою, водночас вона не загороджує візуальні зв'язки з нею. Лінійна будівля річкового вокзалу поставлена перпендикулярно річці, тим самим забезпечуючи його сприйняття з простору річки та набережної, і не закриває об'ємом вид на річку з боку підходів до вокзалу від центру міста. Винесення частини будівлі на воду – результат вирішення завданої економії території та пошуку оптимальної функції.

Видатною серед індивідуальних інноваційних для міста проектів стала будівля Обласного суду (зараз Апеляційний

суд Дніпропетровської області) на перетині вулиць Харківської та Глінки, що презентує інший вектор творчого мислення майстра – демократизм та відкритість. У той час коли Західна Європа активно втілювала ідеї створення громадянського суспільства, в СРСР цю тему обговорювали невеликі групи людей. І тим більш неможливим було втілення цього напряму суспільної думки в архітектурі.

Проект Обласного суду (рис. 4, 5) у м. Дніпропетровськ, який на початку 1980-х років було оприлюднено та обговорено, надав приклад утілення в архітектурному об'єкті принципів демократичності та відкритості.

Різнохарактерні будинки юрмляться по двох вулицях, що перетинаються під ковзним кутом, один до одного, і вони, як два крила. Будівля суду створюється за архітектурою і конструктивом підкреслено контрастно до оточення. Центральна частина будівлі вирішена порталом на всю висоту, до парапету, крупно, єдиним прийомом, що збирає обидва крила суду і сусідні з ним будівлі в єдину композицію в масштабі забудови кварталу.

Архітектура цієї споруди це перш за все шанобливе, демократичне ставлення до містобудівного контексту. Пошук не протиставлення нових форм, а їх гармонійного єднання з історичними будівлями. Використовуються принципи

побудови архітектурного ансамблю як кінцевого продукту праці архітектора.

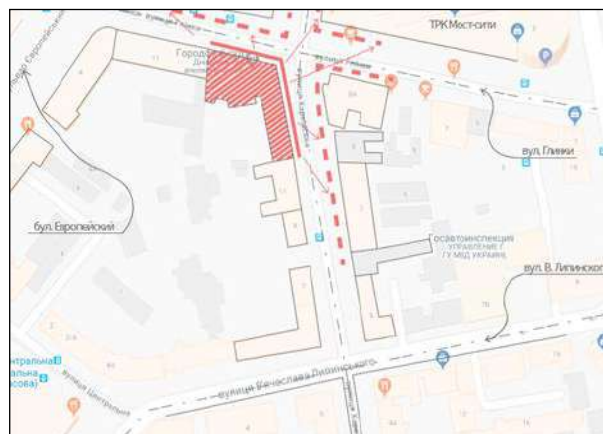


Рис. 4. Розташування Обласного суду на місцевості

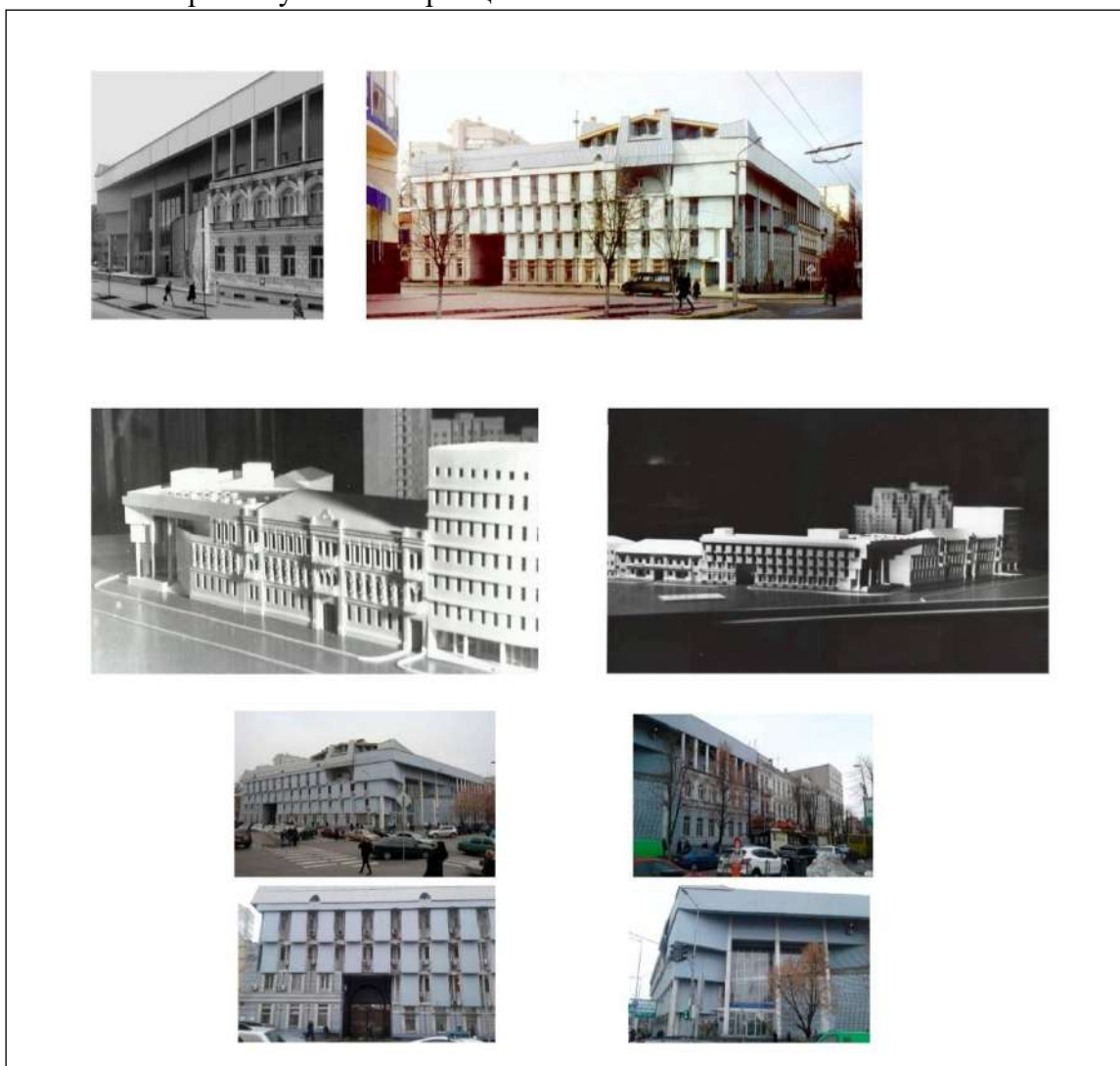


Рис. 5. Обласний (нині Апеляційний) суд у м. Дніпро (будівництво завершено у 1989 році) : акцентний елемент забудови розташований за адресою вул. Харківська, 13; співавтори : Т. А. Свірежева, С. Г. Сапрунова, О. В. Хничов; ЗБК; стилістика : неомодернізм

Цікаві відкритість, суспільна толерантність екстер'єрів та інтер'єрів будівлі. Вхід оснащений великим вітражем, через який можна бачити елементи інтер'єру, і в тому числі витончену геометрію пандуса у багатосвітловому просторі, що зв'язує різні рівні поверхів.

Важливі, а для когось загрозові наслідки відвідання цієї будівлі – це не кінець життя, це лише його епізод, який можна витримати достойно. Такі можливі емоційні враження відвідувачів. Те, що громадянське суспільство пропонує для людей, які стикаються з правосуддям.

Початок творчої діяльності В. І. Весніна збігається з відходом на другий план, а подекуди і зі зникненням ідеології архітектурного модернізму як у Західній Європі, так і у всьому розвинутому світі. Там захоплюються стилістикою постмодерну, хайтеку, структуралізму, деконструктивізму – ті напрями архітектурної думки, які в нашому місті лише подекуди обговорювались, а Володимир Веснін був з ними знайомий достеменно, але не калькував їх.



Рис. 6. Розташування Центрального автовокзалу на місцевості

У кожному окремому випадку він дотримувався тих принципів формування архітектурного об'єкта, які найбільшою мірою відповідали конкретному соціальному запиту, містобудівному контексту та функціональним особливостям. Архітектурних кумирів він не мав, доміантним мотивом було відображення

демократичних засад громадянського суспільства в архітектурних формах.

Проектна пропозиція щодо нового автовокзалу у м. Дніпропетровськ (зараз: Центральний автовокзал «Дніпро») презентувалась у кресленнях та макетах (рис. 6, 7).

В ідеї проекту основний простір залу мав сприйматися як одна з площ розлук: вона покрита, тут тепло, дерева в інтер'єрі, бруківка, ліхтарні стовпи, вивіски кафе, магазинів. На жаль, слабкий дизайн не допоміг виявленню задуму.

Складна технологія великого автозалу, невелика за розмірами ділянка вимагали нетипових рішень. Стилїстика формувалась виходячи з особливостей функціональної програми й авторського задуму формування універсального простору розподілу потоків пасажирів, яке трактується як продовження просторів вулиць та площ міста.

«...Я захотів, щоб автовокзал та залізничний вокзал були розміщені поряд. Щоб зручно було переміщатися від одного до іншого. Сама форма та проект автовокзалу зумовлені технологічністю. Пасажир не блукав вокзалом в очікуванні, а спокійно сидів, а побачивши автобус, що під'їхав, одразу йшов на посадку. Особливість цього рішення – багаторівневність», – сказав В. І. Веснін в інтерв'ю [5].

Із позицій стилістичної приналежності такий підхід можна характеризувати як авторська стилістична самобутність. У будь-якому разі це не цитування і тим більше не калькування. Такі прийоми використання чужого досвіду зараз досить розповсюджені в Україні.

Володимир Іванович Веснін прожив довге та цікаве життя, залишивши значний слід у розвитку Дніпровської архітектури. Наша стаття – це початок глибоких досліджень, які, в кінцевому результаті, повинні допомогти у вирішенні проблем в архітектурі сьогодення.



Рис. 7. Центральний автовокзал «Дніпро» (будівництво завершене у 1993 році) : транспортний вузол, розташований за адресою вул. Курчатова, 10; співавтори : Т. А. Свірежева, С. Г. Сапрунова, О. В. Хничов; ЗБК; стилістика : неомодернізм

Висновки.

1. Серед найбільш значущих для міста архітектурних задумів та проектів майстерні В. І. Весніна, що мають інноваційні риси, слід виділити: міський автовокзал «Дніпро», Річковий вокзал та Обласний (нині Апеляційний) суд.

2. У творчому доробку В. І. Весніна виокремлюються такі головні напрями інноваційного пошуку:

– *ідеологічний*: спирається на принципи формування громадянського суспільства демократичної вільної держави;

– *стилістичний*: амбівертність у підходах до формування стилістичних характеристик архітектурних об'єктів;

– *містобудівний*: гармонійна взаємодія нових будівель з навколишнім архітектурним контекстом і природною основою;

– *композиційний*: кінцевий продукт архітектурно-містобудівної діяльності – архітектурний ансамбль.

3. Ілюстративний та сутнісний матеріал статті може бути використаний для доповнення відповідних лекційних курсів

теоретичних навчальних дисциплін архітектурного факультету Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.

Перспективи подальших досліджень: вивчення діяльності В. І. Весніна на рівні містобудівної структури міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автовокзал «Дніпро» [Електронний ресурс]. Wikimapia. URL: <http://wikimapia.org//2069320/uk/Автовокзал-«Дніпро»>, станом на 15.08.2022.
2. Архітектура Дніпра [Електронний ресурс]. Wikipedia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%B0, станом на 15.08.2022.
3. Андрищенко Н. П., Кавун М. Э., Лопатюк Н. А. и др. Днепропетровск. Архитекторы. Под общ. ред. Н. Н. Кондель-Перминовой; редкол. : Б. Л. Ерофалов, Н. Н. Кондель-Перминова, И. Г. Пидорван и др. Киев : Издательский дом А + С, 2006. 296 с.
4. Кузикова Л. Н., Антонов С. Н. Екатеринослав – Днепропетровск. Архитектура и архитекторы : учеб. пособ. Запорожье : ПРИВОЗ ПРИНТ, 2009. 40 с.
5. Інтерв'ю архітектора Єгора Шулика з архітектором Володимиром Весніним для Архітектурного центру Відня-2012 [Електронний ресурс]. Youtu.be. 2012. URL: https://youtu.be/luVW5_ZgBVs, станом на 15.08.2022.
6. Пікуш А. Є. Особливості впливу творчої діяльності архітектора В. І. Весніна на еволюцію архітектурно-містобудівних характеристик м. Дніпро : магістерська кваліфікаційна робота ОНП «Архітектура та містобудування», керівники : к. т. н., доц. Невгомонний Г. У., ст. викл. Подолинний С. І. Дніпро, 2019.
7. Подолинний С. І., Крилас Ю. Ю. Архитектурный модернизм Леонида Супонина (Днепропетровск 1960-х – середины 1970-х гг.). *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2013. № 6. С. 19–25.
8. Раннев В. Р. Интерьер : учеб. пособ. для арх. спец. вузов. Москва : Высшая школа, 1987. 232 с.
9. Челноков О. В., Сологубова С. В., Швець І. А., Гірка Д. Д. Шляхи вдосконалення навчання майбутніх архітекторів у закладі вищої освіти технічного профілю. *Вісник ПДАБА*. 2020. № 4 (267–268). С. 112–121.
10. Черкес Б. С. Національна ідентичність в архітектурі громадських центрів столичних міст в умовах ідеологічної детермінації : автореф. дис. на здоб. наук. ступ. докт. арх. наук : спец. 18.00.01 «Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури». Київ, 2006. 36 с.

REFERENCES

1. *Avtovokzal "Dnipro"* [Dnipro bus station]. Electronic resource. Wikimapia. URL: <http://wikimapia.org//2069320/uk/Автовокзал-«Дніпро»>, as of August 15, 2022 (in Ukrainian).
2. *Arkhytektura Dnipra* [Architecture of the Dnipro]. Electronic resource. Wikipedia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%B0, as of August 15, 2022 (in Ukrainian).
3. Andriushchenko N.P., Kavun M.E., Lopatiuk N.A. and oth. *Dnepropetrovsk. Arkhytektory* [Dnipropetrovsk. Architects]. Gen. ed. by N.N. Kondel-Permynovoi; editorial board : B.L. Erofalov, N.N. Kondel-Permynova, I.H. Pydorvan and oth. Kyiv : Izdatelskyi Dom A + S, 2006, 296 p. (in Russian).
4. Kuzykova L.N. and Antonov S.N. *Ekaterinoslav – Dnepropetrovsk. Arkhytektura y arkhytektory : uchebnoe posobie* [Ekaterinoslav – Dnepropetrovsk. Architecture and architects : tutorial]. Zaporozhie : PRYVOZ PRYNT Publ., 2009, 40 p. (in Russian).
5. *Interviu arkhytektora Yehora Shulyka z arkhytektorom Volodymyrom Vesnynym dlia Arkhytekturnoho tsentra Veny-2012* [Interview of architect Yehor Shulyk with architect Volodymyr Vesnin for the Architectural Center of Vienna-2012]. Youtu.be, 2012. URL: https://youtu.be/luVW5_ZgBVs, as of August 15, 2022. (in Russian).
6. Pikush A.Ye. *Osoblyvosti vplyvu tvorchoi diialnosti arkhytektora V.I. Vesnina na ekoliutsiiu arkhytekturno-mistobudivnykh kharaktrnystyk m. Dnipro : mahisterska kvalifikatsiina robota ONP "Arkhytektura ta mistobuduvannia"* [Peculiarities of the influence of the creative activity of the architect V.I. Vesnin on the evolution of architectural and town-planning characteristics of the city of Dnipro : master's qualification work of the National Technical University "Architecture and Urban Planning"]. Supervisors : Nevhomonnyi H.U., Podolynnyi S.I. Dnipro, 2019. (in Ukrainian).
7. Podolynnyy S.I. and Krylas Yu.Yu. *Arkhytekturnyyi modernyizm Leonyda Suponyina (Dnepropetrovsk 1960-kh – seredyiny 1970-kh hh.)* [Architectural modernism of Leonid Suponin (Dnipropetrovsk 1960s – mid 1970s)]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhytektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2013, no. 6, pp. 19–25. (in Russian).
8. Ranniev V. R. *Interier : ucheb. posobie dlia arkh. spets. vuzov* [Interior : textbook allowance for arch. specialist. universities]. Moscow : Vyssha Shkola, 1987, 232 p. (in Russian).

9. Chelnokov O.V., Solohubova S.V., Shvets I.A. and Hirkina D.D. *Shliakhy vdoskonalennia navchannia maibutnikh arkhitektoriv u zakladi vyshchoi osvity tekhnichnoho profilu* [Inspired by the knowledge of the maybut architects at the pledge of the great education of the technical profile]. *Visnyk PDABA* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2020, no. 4 (267–268), pp. 112–121. (in Ukrainian).

10. Cherkes B.S. *Natsionalna identychnist v arkhitekturi hromadskykh tsestriv stolychnykh mist v umovakh ideolohichnoi determinatsii : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia dokt. arkh. Nauk : spets. 18.00.01 "Teoriia arkhitektury, restavratsiia pamiatok arkhitektury"* [National identity in the architecture of public centers of capital cities in conditions of ideological determination : autoref. thesis on of science doctor's degree Arch. Sc. : spec. 18.00.01 "Theory of architecture, restoration of architectural monuments"]. Kyiv, 2006, 36 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 23.08.2022.

УДК 622.831.31:622.834

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.89.896

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ ВТРАТИ СТІЙКОСТІ ГЕОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА ГЕОМЕХАНІЧНИМИ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИМИ ЧИННИКАМИ

СЛАЩОВ І. М.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
БЄЛІКОВ А. С.², докт. техн. наук, проф.,
СЛАЩОВА О. А.³, канд. техн. наук, с. н. с.,
КУЛЬБАЧ А. А.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: IMSlashchov@nas.gov.ua, ORCID ID: 0000-0002-2432-9092

² Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

³ Відділ проблем розробки родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова Національної академії наук України, вул. Сімферопольська, 2-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 746-01-51, e-mail: gtmigtm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7161-1410

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5571-791X

Анотація. *Постановка проблеми.* Найбільш небезпечно з гірничих технологій – це спорудження виробок підземним способом та їх підтримання в робочому стані. Виникають некеровані деформації породного масиву, раптові вивали порід, руйнування кріплення та завали виробок. Травматизм персоналу від цих факторів ризику, які безпосередньо пов'язані з геомеханічними процесами, досягає половини від загального числа постраждалих. Тому завдання ідентифікації ризиків втрати стійкості геотехнічної системи за геомеханічним чинником з урахуванням водонасичення порід (фактора, що істотно впливає на властивості міцності порід) стало актуальним і служить фундаментом для розроблення ефективних і безпечних технологій гірничих робіт. **Мета роботи** – обґрунтувати методи ідентифікації ризиків втрати стійкості підземних виробок за геомеханічними та гідрогеологічними чинниками в умовах гірничих виробництв. **Результати.** Потенційний ризик виникнення аварійної ситуації для кожного з елементів геотехнічної системи запропоновано визначати: за значеннями параметрів у поточний момент часу, а також за амплітудою відхилення та за швидкістю відхилення параметрів від точки рівноваги за попередній проміжок часу. Для прогнозу напружено-деформованого стану гірських порід вдосконалено методи реалізації геомеханічних моделей, оцінення ризиків і сценаріїв розвитку ситуацій. На базі моніторингу деформацій порід встановлено ризики втрати стійкості кріплення лави внаслідок обвалення покрівлі. Для ідентифікації ризиків, що виникають через вплив фактора обводнення масиву гірських порід на їх міцність, а, відповідно, і на стійкість гірничих виробок, досліджено зразки порід. Встановлено, що при обводненні ризики лінійно зростають з інтенсивністю 0,62...0,71 – для аргілітів, 0,49...0,58 – для алеволітів, 0,25...0,37 – для пісковиків у діапазоні глибин 400...800 м. Для автоматизованих систем безпеки запропоновано ці параметри обробляти методами нечіткої логіки. **Наукова новизна.** Подальший розвиток отримав метод ідентифікації ризиків втрати стійкості геотехнічної системи, що відрізняється: визначенням закономірностей змін показників ризиків виникнення небезпечного стану контрольованого об'єкта за статистично значущою кількістю геомеханічних і гідрогеологічних параметрів моніторингу попередніх подій або за трендами і прогнозами подальших подій, залученням моделей нечіткої логіки, які враховують відхилення параметрів кожного з елементів геотехнічної системи і швидкості зміни цих відхилень за проміжок часу. **Висновок.** Отримані залежності визначають вхідні умови для ідентифікації стійкості обводненого породного масиву та створення технологій підтримання гірничих виробок. Дослідження дозволили відповісти на низку раніше не вирішених питань, що пов'язані з ризиками втрати стійкості гірничих виробок, забезпечити більш високу ефективність і безпеку ведення гірничих робіт.

Ключові слова: ідентифікація ризиків; стійкість виробок; геотехнічна система; моделювання; моніторинг; безпека гірничих робіт

RISKS IDENTIFICATION OF THE GEOTECHNICAL SYSTEM STABILITY LOSS DUE TO GEOMECHANICAL AND HYDROGEOLOGICAL FACTORS

SLASHCHOV I.M.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

BELIKOV A.S.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

SLASHCHOVA O.A.³, *Cand. Sc. (Tech.), Senior Researcher*,

KULBACH A.A.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: IMSlashchov@nas.gov.ua, ORCID ID: 0000-0002-2432-9092

² Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

³ Department of Mineral Mining at Great Depths, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, 2-a, Simferopolska Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 746-01-51, e-mail: gtmigtm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7161-1410

⁴ Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5571-791X

Abstract. Problem statement. The most dangerous of mining technologies is the construction of workings underground and their maintenance in good condition. Uncontrolled deformations of the rock mass, sudden rock falls, destruction of the lining and blockages of workings are emerged. Personnel injuries from these risk factors, directly related to geomechanical processes, reach half of the total number of victims. Therefore, the issue of risks identifying for geotechnical system stability loss due to geomechanical factor, taking into account the rocks water saturation (a factor that significantly affects the strength properties of rocks) is relevant and serves as the foundation for the development of efficient and safe mining technologies. **The purpose of the article.** To substantiate methods for risks identifying of the underground workings stability loss due to geomechanical and hydrogeological factors for the mining enterprises conditions. **Research results.** The potential risk of an emergency situation for each of the geotechnical system elements is proposed to be determined: by the parameters values at the current time, by the parameters deviation amplitude and by the parameters deviation speed from the equilibrium point during the previous period of time. For forecasting the stress-strain state of rocks, the methods of implementing geomechanical models, assessing risks and scenarios of situation development are improved. On the basis of rock deformations monitoring, the risks of longwall support stability loss due to roof collapse were established. To identify the risks arising from the influence of the rocks flooding factor on their strength, and, accordingly, on the mine workings stability, rock samples were studied. It was found that when rocks are watered, the risks increase linearly with an intensity of 0.62...0.71 for mudstones, 0.49...0.58 for siltstones, 0.25...0.37 for sandstones in the depth range of 400 ... 800 m. For automated safety systems, it is proposed to process these parameters using fuzzy logic methods. **Scientific novelty.** The method for risks identifying of the geotechnical system stability loss has been further developed, which is distinguished by: determining regularities of changes in risk indicators of the controlled object dangerous state by a statistically significant number of geomechanical and hydrogeological parameters of monitoring previous events or by trends and forecasts of further events; using fuzzy logic models that take into account the parameters deviations of each geotechnical system elements and the rate of change for these deviations over a period of time. **Conclusions.** The obtained dependencies determine the input conditions for identifying of the flooded rock massif stability and creating technologies for mine workings support. The investigations made it possible to answer a number of previously unresolved problems associated with the risks of the mine workings stability loss, to ensure higher efficiency and mining operations safety.

Keywords: *risk identification; mine workings stability; geotechnical system; modeling; monitoring; mining safety*

Постановка проблеми. Найбільш небезпечне з гірничих технологій – це спорудження виробок підземним способом та їх підтримання в робочому стані. Гірничі виробки підтримують протягом усього строку експлуатації шахти або підземної споруди. В особливо небезпечних умовах реалізують технології анкерного кріплення та повторного використання виробок [1; 2]. Висока небезпека пов'язана з об'єктивними

геомеханічними факторами, оскільки роботи здійснюють в умовах структурно-неоднорідних, слабких і водонасичених порід. Виникають некеровані деформації породного масиву, раптові вивали порід, руйнування кріплення та завали виробок, тобто наслідки проявів геомеханічних процесів. При цьому травматизм персоналу від цього фактора ризику досягає половини від загального числа постраждалих [3].

Більше того, травматизм, пов'язаний з геомеханічним фактором, перевищує травматизм за найбільш небезпечним газодинамічним фактором іноді більше ніж у 12 разів (наприклад, у 2007 і 2010 роках). В той же час слід врахувати, що аварійність за газодинамічним фактором теж не можна розглядати окремо від геомеханічного фактора, оскільки геомеханічне руйнування породного масиву становить одну з основних складових у процесах раптових викидів і проривів газу в виробки [4]. Тому завдання ідентифікації ризиків втрати стійкості геотехнічної системи за геомеханічним чинником з урахуванням водонасичення порід (фактора, що істотно впливає на властивості міцності порід) актуальне і служить фундаментом для розроблення ефективних і безпечних технологій гірничих робіт.

Аналіз публікацій. Ідентифікація в концепції теорії ризиків, що стосується потенційно небезпечних процесів на підприємствах, трактується як ототожнення та розпізнавання рівнів небезпечних станів іншої системи, процесу або об'єкта за наперед заданими критеріями, які визначаються в кожному конкретному випадку окремо. Для ідентифікації ризиків, що спричиняють втрату стійкості виробок в умовах гірничих виробництв та призводять до травмування або загибелі персоналу, слід використовувати методи, які базуються на статистично значущій кількості параметрів поточного моніторингу контрольованого об'єкта або закономірностях поведінки породного масиву, що визначені шляхом моніторингу гірничих виробок і прогнозування напружено-деформованого стану гірських порід [5; 6].

Паралельно для зменшення аварійності на гірничих підприємствах потрібно зменшити кількість помилок в керуванні (людський фактор) за допомогою автоматизації. Резерв підвищення ефективності автоматизованих систем керування закладено в переході до інтелектуальних алгоритмів обробки даних, які представлені сукупністю відомостей про властивості об'єкта керування,

закономірностями процесів і явищ, правилами для прийняття рішень [7].

Наразі геоінформаційні технології та системи штучного інтелекту застосовуються в багатьох сферах, пов'язаних з інтерпретацією геологічних даних, з науковими дослідженнями, а також багатьма іншими напрямками. Вони є складовою в структурі сучасних виробничих автоматизованих систем керування [8]. Проте будь-яка найсучасніша цифрова система безпеки потребує обґрунтування математичних моделей, визначення імовірнісних оцінок інформативних параметрів стану породного масиву.

Мета роботи – обґрунтувати метод ідентифікації ризиків втрати стійкості виробок за геомеханічними та гідрогеологічними чинниками в умовах гірничих виробництв.

Результати досліджень.

1. Загальні аспекти ідентифікації ризиків втрати стійкості потенційно-небезпечної геотехнічної системи.

Ідентифікація параметрів стану геотехнічної системи «кріплення–масив порід» здійснюється в процесі експлуатації гірничих виробок і ґрунтується на тому, що геомеханічний стан породного масиву постійно змінюється. Поточні параметри фіксуються персоналом та системами моніторингу, а прогнозовані – визначаються або за результатами числових експериментів на моделях, або за трендами емпіричних залежностей. Ризики виникнення небезпечних станів породного масиву за геомеханічними та гідрогеологічними чинниками будуть відрізнятися для кожного процесу і для кожного фактора, що впливають на ці процеси, тому повинні визначатися окремо.

Для геотехнічної системи потенційний ризик $R(E^t)$ виникнення аварійної ситуації від впливу фактора E^t в момент часу t (ймовірність реалізації несприятливого розвитку подій) необхідно визначати для кожного з елементів цієї системи, де повний ризик являє собою суму індивідуальних ризиків окремих значень домінуючих інформативних параметрів. Запропоновано

аналізувати відхилення параметрів геотехнічної системи від точки рівноваги і швидкості зміни цих відхилень.

Потенційний ризик виникнення аварійної ситуації визначають для кожного з елементів геотехнічної системи:

– за значеннями інформативних параметрів в момент часу t :

$$R(E^t) = k_1^t R(E_1^t) + k_2^t R(E_2^t) + \dots + k_m^t R(E_m^t);$$

– за відхиленнями параметрів від точки рівноваги за проміжок часу Δt :

$$R(E^{\Delta t}) = k_1^{\Delta t} R(E_1^{\Delta t}) + k_2^{\Delta t} R(E_2^{\Delta t}) + \dots + k_n^{\Delta t} R(E_n^{\Delta t});$$

– за швидкістю відхилення параметрів за проміжок часу Δt :

$$R(E^{v(\Delta t)}) = k_1^{v(\Delta t)} R(E_1^{v(\Delta t)}) + \dots + k_k^{v(\Delta t)} R(E_k^{v(\Delta t)}),$$

де $R(E^t)$, $R(E^{\Delta t})$, $R(E^{v(\Delta t)})$ – потенційні ризики виникнення аварійної ситуації в одному з елементів геотехнічної системи, відносна одиниця; $R(E_m^t)$, $R(E_n^{\Delta t})$, $R(E_k^{v(\Delta t)})$ – ризики, визначені за значенням інформативних параметрів в момент часу t ; відхилень і швидкостям відхилень параметрів геотехнічної системи від точки рівноваги для груп з m , n і k факторів, що впливають, відповідно, відн. од.; $k_1^t, k_2^t, \dots, k_m^t; k_1^{\Delta t}, k_2^{\Delta t}, \dots, k_n^{\Delta t}; k_1^{v(\Delta t)}, k_2^{v(\Delta t)}, \dots, k_k^{v(\Delta t)}$ – нормалізовані коефіцієнти впливу на потенційний ризик окремих факторів.

Інтенсивності потоків, що входять і виходять з i -го стану системи, являють собою зміни параметрів контролю за впливу відповідного фактора ризику на стійкість елементів геотехнічної системи.

Геомеханічні чинники очікуваного ризику втрати стійкості гірничої виробки об'єднані шляхом інтеграції імовірнісних оцінок інформативних параметрів стану породного масиву і гірничих виробок. Інтегральний показник визначає ризик втрати стійкості геотехнічної системи за сумою показників окремих груп ризиків:

$$R_{\Sigma}(E^t, E^{\Delta t}, E^{v(\Delta t)}) = k_{\Sigma}^t \sum_1^m k_m^t R(E_m^t) + k_{\Sigma}^{\Delta t} \sum_1^n k_n^{\Delta t} R(E_n^{\Delta t}) + k_{\Sigma}^{v(\Delta t)} \sum_1^k k_k^{v(\Delta t)} R(E_k^{v(\Delta t)}),$$

де $k_{\Sigma}^t, k_{\Sigma}^{\Delta t}, k_{\Sigma}^{v(\Delta t)}$ – коефіцієнти для груп факторів, нормалізовані в діапазоні від 0...1.

Показник використовується для загальної оцінки поточного стану безпеки гірничих виробок. При надходженні сигналу на пульт диспетчера або на вхід автоматизованої системи управління об'єктом подається рекомендація для застосування технічних і технологічних заходів, що сприяють нормалізації роботи геотехнічної системи.

2. Ідентифікація потенційно-небезпечних станів породного масиву на базі моніторингу геомеханічних параметрів

Дослідження ризиків втрати стійкості гірських порід проведені на прикладі умов відпрацювання вугільного пласта h_7 потужністю 0,8...1,1 м. Ведення гірничих робіт ускладнене зниженням міцності і стійкості порід, обводненням, схильністю порід до обвалення.

Управління гірським тиском у лаві здійснюється плавним опусканням (утриманням покрівлі на індивідуальному дерев'яному кріпленні та дерев'яних кострах). Однак, як показав досвід утримання покрівлі, в процесі відпрацювання лави відбувається утворення зони непружних деформацій і збільшення зміщень гірських порід. Це викликає підвищені навантаження на кріплення, деформації стійок і обвалення порід (рис. 1).

Стійки шахтного кріплення в результаті спротиву діючим навантаженням від сил гірського тиску з боку покрівлі перебувають у складному напруженому стані та зазнають деформації стиснення і поперечного вигину. Деревина може витримувати навантаження лише протягом нетривалого часу, а для довготривалих навантажень опір деревини виявляється помітно зниженим. Крім того, властивості сильно змінюються за впливу вологості деревини, яка змінюється у зв'язку з обводненнями виробки, температурою і вологістю навколишнього повітря.

Все це говорить, що величини меж міцності не можуть бути безпосередньо використані для розрахунків дерев'яних стійок шахтного кріплення. Залежно від

низки факторів вони знижуються в кілька разів і для розрахунків застосовуються вже зменшені показники – розрахункового опору або допустимих напружень з урахуванням коефіцієнта запасу (відношення величини межі міцності до величини допустимого напруження).

Для стійок із деревини, у зв'язку з зазначеними особливостями, коефіцієнт запасу встановлюється вищим, ніж для інших матеріалів (наприклад, металу). Залежно від характеру діючого зусилля коефіцієнти запасу коливаються для умов стиснення від трьох до п'яти.



а



б



в



г

Рис. 1. Стан порід покрівлі після відпрацювання вугільного пласта h_7 : а – стан безпосередньої покрівлі в лаві, що відпрацьовується; б, в, г – характер обвалень порід у виробленому просторі раніше відпрацьованої лави

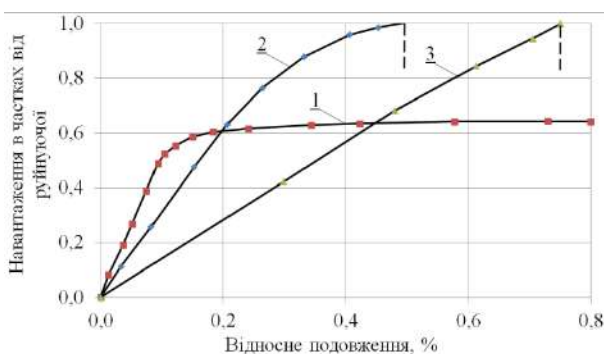


Рис. 2. Залежності деформацій стійок кріплення від навантаження за даними випробувань: 1 – сталь; 2 – сосна (стиснення); 3 – сосна (розтягнення)

Експертні правила для переходу стану об'єкта контролю (в даному випадку системи «кріплення – породний масив») зі стану «безпечно» в стани «увага» і

«небезпечно» визначено за розрахунковими граничними деформаціями дерев'яних шахтних стійок (рис. 2), які в даному випадку застосовуються для керування покрівлею в лаві, з урахуванням коефіцієнта запасу міцності.

Приклад визначення ризиків втрати стійкості гірських порід за фактором обвалення покрівлі за результатами шахтних досліджень і прогнозу процесу опускання гірських порід показано на рисунку 3. На графіках (рис. 3, б, г, е, ж) наведено лінійні залежності змін рівнів ризиків втрати стійкості кріплення лави у часі у верхній, середній і нижній частинах лави (для параметрів прогнозу $R^2 = 0,91 \dots 0,98$).

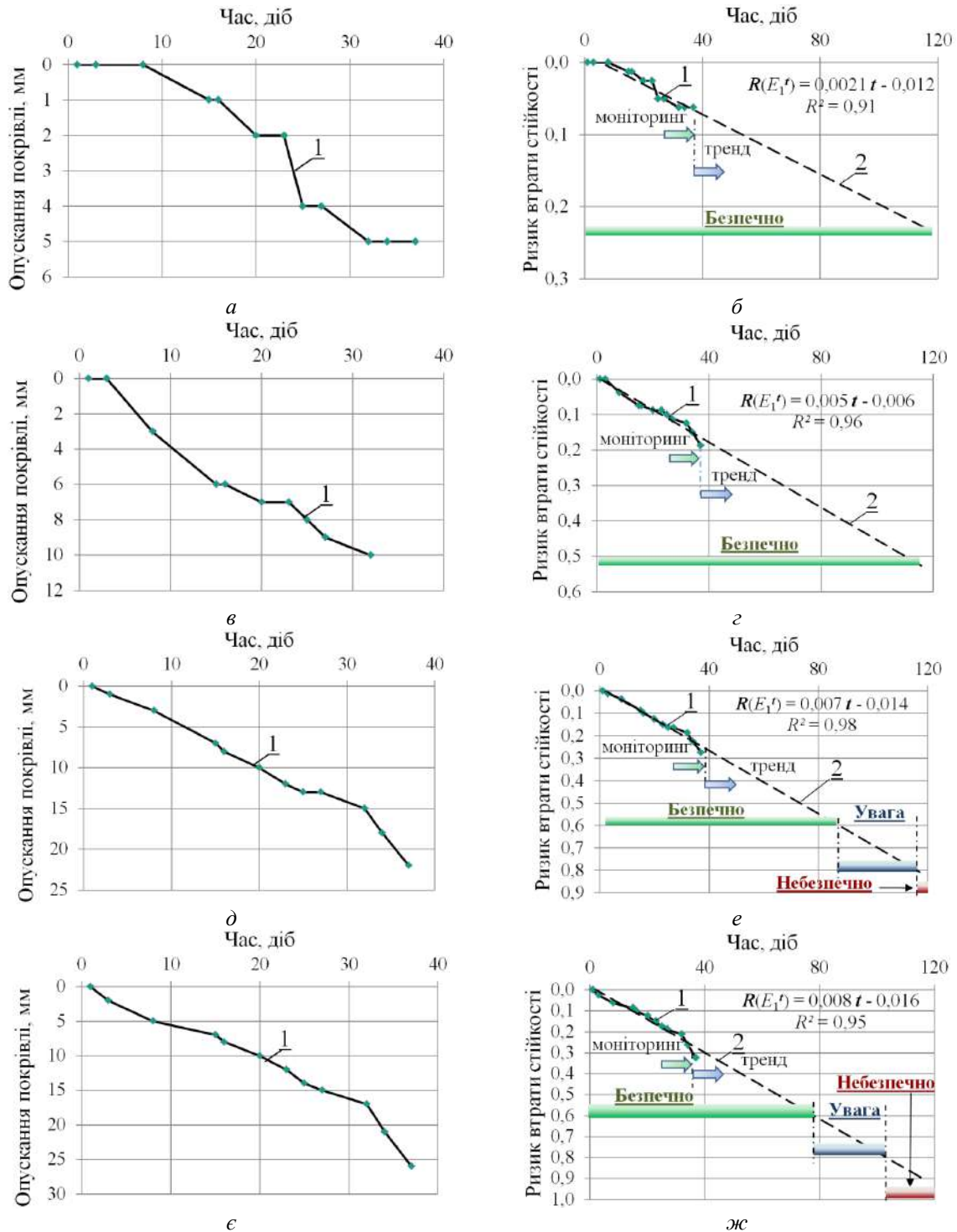


Рис. 3. Ідентифікація ризиків втрати стійкості кріплення лави внаслідок обвалення покрівлі за результатами шахтних досліджень і прогнозу деформації порід у верхній частині лави (а, б), у середній частині лави (в, г – ближче до вентиляційного штрафу; д, з – ближче до відкатного штрафу), у нижній частині лави (ж, з): 1 – дані моніторингу; 2 – прогноз обвалення покрівлі (тренд на 60 діб)

Як видно з рисунків 3, е, ж, ризики втрати стійкості системи «кріплення – масив», що застосовується для даних умов, досягають небезпечних рівнів у нижній частині лави вже на 106-ту добу оголення, що потребує превентивних заходів із

посилення кріплення. Це наочно ілюструється фотографіями стану стійок дерев'яного кріплення в нижній частині лави (рис. 1).

Дослідження дозволили відповісти на низку раніше не вирішених питань,

пов'язаних із ризиками втрати стійкості структурно-неоднорідного масиву порід і гірничих виробок, забезпечити більш високу ефективність і безпеку ведення гірничих робіт внаслідок запобігання обвалень порід покрівлі та мінімізації об'ємів ціликів. Слід зазначити, що встановлені для цих умов закономірності можна поширити і на інші подібні умови.

3. Ідентифікація потенційно-небезпечних станів породного масиву на базі прогнозу напружено-деформованого стану порід

Прогнозування геомеханічних процесів у породному масиві та обґрунтування очікуваних ризиків втрати стійкості гірничих виробок запропоновано виконувати методом математичного моделювання. Для прогнозу напружено-деформованого стану (НДС) гірських порід автори [9; 10] вдосконалили цифрові системи, методи реалізації геомеханічних моделей, оцінки ризиків і сценаріїв розвитку ситуацій. Це дозволило визначати сценарії поширення зон непружних деформацій і змін напружень у породному масиві із застосуванням різних способів кріплення, при збільшенні навантаження на систему «кріплення – масив», змінах умов залягання і обводнювання шарів порід.

Геоінформаційна обчислювальна система GEO-RS[©], адаптована для цих завдань, виконує розрахунки НДС породного масиву і деформування гірничих виробок методом скінченних елементів. Програмний комплекс широко апробований під час моделювання геомеханічних, газодинамічних та технологічних процесів у шахтах. Розроблено методичні рекомендації щодо використання інформаційної системи, які включають основи її функціонування, підготовки і розгортання, а також особливості застосування на гірничорудних підприємствах.

У контексті даних досліджень програмний комплекс використовується як експертна підсистема для прогнозування геомеханічних процесів, що допомагає підвищити безпеку робіт завдяки прийняттю завчасних рішень з підтримання гірничих

виробок у безаварійному стані. При цьому ідентифікація й експертна оцінка стану покрівлі та підшви гірничих виробок засновані на поєднанні числового аналізу НДС гірських порід із методами візуального, інструментального та геофізичного контролю. Такий підхід дозволяє перевірити достовірність обчислень, встановити стадію деформаційного процесу і поєднати об'єктивні дані інструментальних спостережень із даними, отриманими в результаті розрахунку локальних моделей станів порід.

З іншого боку, моделювання аналітичними методами дозволяє отримати ряд поточних і прогнозованих параметрів ідентифікації, які методами натурних досліджень отримати неможливо або вкрай важко. До таких параметрів, перш за все, належать параметри: зон непружних деформацій і розриву суцільності (поширеності, об'ємів, меж, швидкості їх змін, прогнозованих значень); напружень у породному масиві (максимальних головних напружень, швидкості їх змін, прогнозованих показників); зміщень і форм деформацій контуру гірничих виробок (зміщень покрівлі, підшви, боків, швидкості їх зміни, прогнозованих значень).

На прикладі гірничо-геологічних умов шахти «Самарська» виконано експертне оцінення небезпечних станів масиву гірських порід при збільшенні напружень у процесі ведення гірничих робіт. Інформативний параметр для аналізу ризиків і рівнів безпеки – прогнозовані об'єми зруйнованих порід, основний фактор впливу – коефіцієнт концентрації напружень та об'єм зон непружних деформацій (рис. 4.). Параметри розраховані з урахуванням застосовуваних на шахті систем кріплення виробок.

4. Ідентифікація потенційно-небезпечних станів породного масиву за гідрогеологічними факторами.

З метою ідентифікації ризиків, що виникають внаслідок впливу фактора обводнення масиву гірських порід на їх міцність, а, відповідно, і на стійкість

гірничих виробок, систематизовано лабораторні дослідження понад 3 000

зразків аргілітів, алевролітів, пісковиків і вапняків.

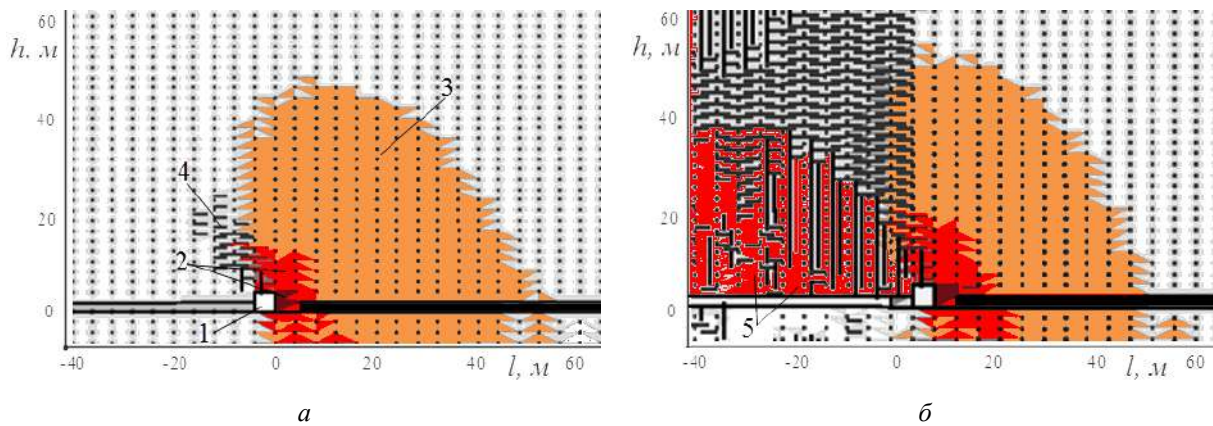


Рис. 4. Ідентифікація ризиків втрати стійкості виробок перед лавою (а) і в зоні обвалення (б) на базі прогнозу НДС породного масиву: 1 – виробка; 2, 3 – зони концентрації напружень у 1,5...2,0 та 2,5 рази; 4 – магістральні тріщини; 5 – обвалення покрівлі

Ймовірність події, якщо ми знаємо, що максимальне обводнення порід уже відбулося, дорівнює одиниці. Тому звичайна міра ризику для окремого класу факторів, наприклад, для фактора зниження міцності обводнених гірських порід (один із наслідків процесу обводнення), визначається тільки наслідками від цього процесу:

$$R(\sigma^w) = P^w k^t (\Delta\sigma_e^{*w}),$$

де P^w – ймовірність обводнення гірських порід, відн. од; k^t – коефіцієнт впливу на потенційний ризик відносного зниження міцності обводнених гірських порід, відн. од.; $\Delta\sigma_e^{*w}$ – відносні зміни міцності при обводненні

$$\Delta\sigma_e^{*w} = 100 \sigma_e^{*w} / \sigma_e^*, \%,$$

де σ_e^* , σ_e^{*w} – межі міцності на стиснення у сухому і водонасиченому стані, Па.

Рівень водонасичення порід приймався рівним нулю для зразків у сухому стані і дорівнював 100 % для зразків порід із максимально можливим рівнем водонасичення зразків (за лабораторного дотримання зразка у воді відповідно зі стандартом), яке досягалося в умовах лабораторних експериментів або в реальному масиві порід. Установлені залежності, які визначають рівні ризиків від зниження міцності обводнених гірських порід, показані на рисунку 5. Рівні ризиків об'єднані в декілька інтервалів з градаціями параметрів

(шириною смуг), які в інформаційних системах безпеки запропоновано обробляти методами нечіткої логіки [11; 12].

Водонасичення порід для всіх інтервалів глибин спричинює зниження їх міцності в 1,5–2,0 рази (для пісковиків і вапняків) і 2,5–3,0 (для алевролітів і аргілітів). Отримані залежності визначають вхідні умови для ідентифікації стійкості обводненого породного масиву та створення ризик-орієнтованих технологій підтримання гірничих виробок.

Як ілюстрацію ризик-орієнтованого підходу до оцінювання стійкості виробки через фактор зниження міцності гірських порід при обводненні на рисунку 6 показано деформації порід підшви виробки за результатами інструментальних досліджень (пласт m_3). Зіставлення отриманих даних при обводненні порід і без обводнення показали, що зміщення підшви збільшуються в часі за лінійними залежностями:

– лінійна модель зміщень підшви виробки при обводненні:

$$u = 0,026 t - 0,08, R^2 = 0,98;$$

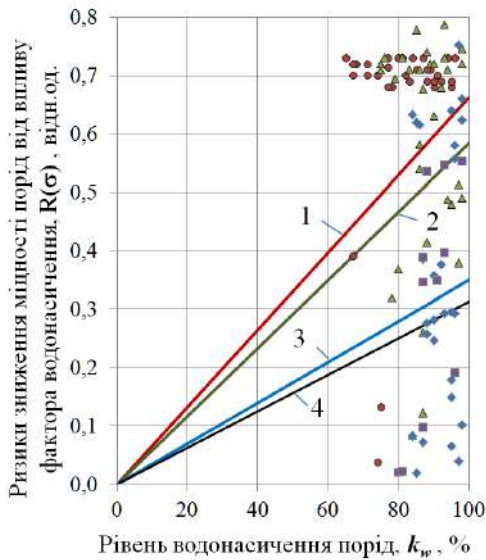
– лінійна модель зміщень підшви виробки в повітряно-сухому стані:

$$u = 0,01t - 0,04, R^2 = 0,95.$$

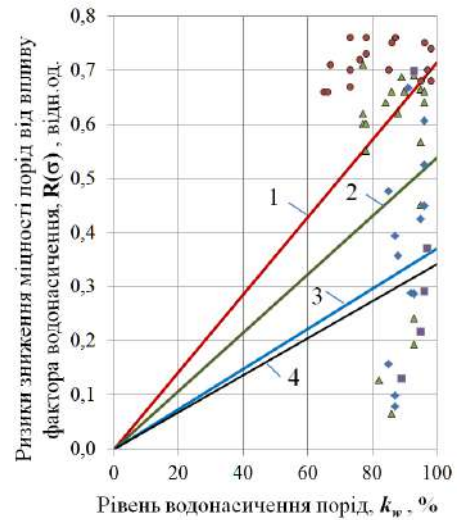
Обводнення порід підшви виробки має максимальний вплив на її стійкість за перші

20 діб (див. рис. 6), що підтверджує дані лабораторних експериментів за тимчасовими характеристиками зниження міцності обводнених порід. Відношення величини здимання у разі попадання води на

підшову виробки до зміщень у сухій виробці за 20 діб збільшується в 1,5...4,5 раза. Потім спостерігалось зниження інтенсивності здимання і після 60 діб відбувається стабілізація процесу.



а



б

Рис. 5. Ідентифікація ризиків зниження міцності від впливу фактора обводнення гірських порід для глибин 400–600 м (а), 600–800 м (б): 1 (●), 2 (▲), 3 (◆), 4 (■) – залежності ризиків для аргілітів, алевролітів, пісковиків і вапняків, відповідно

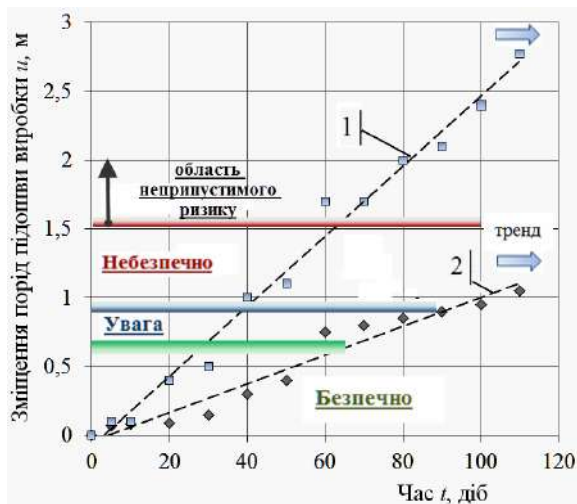


Рис. 6. Зміщення порід підшови гірничої виробки у часі, отримані шахтними експериментами: 1 – в обводненому стані; 2 – в повітряно-сухому стані

Визначення ризиків втрати стійкості гірничої виробки за фактором зсувів її підшови в разі обводнення порід залежить від міцності та складу порід, а також стадії водонасичення (рис. 5). Повне водонасичення (пласт m_3) відбувається через 62 доби, коли ризик втрати стійкості досягає

одиниці (ідентифіковано за даними моніторингу). Область неприпустимого ризику для обводнених порід, де ризик виникнення наслідків дуже великий, знаходиться в тимчасовому інтервалі від 62 діб до кінця терміну підтримання виробки (якщо не вживаються додаткові заходи щодо підвищення стійкості).

У той же час здимання підшови виробки, що перебуває в повітряно-сухому стані, визначена за трендовими значеннями (прогнозом) її зсувів. При цьому втрата стійкості підшови виробки відбувається на 144-ту добу.

Безпечний часовий інтервал (область малого ризику, яким можна знехтувати), де ризик втрати стійкості наближається до нуля для обводнених порід підшови гірничої виробки, становить 0...31 добу, для повітряно-сухих – 0...64 доби. Середня область ризику знаходиться в інтервалі 0...1 і визначається проміжними значеннями, які можуть бути уточнені за відносною швидкістю зміни зсувів підшови гірничої виробки (рис. 6).

Таким чином, обґрунтовано метод ідентифікації ризиків втрати стійкості виробок за геомеханічними та гідрогеологічними чинниками в умовах гірничих виробництв. Метод базується на визначеній статистично значущій кількості параметрів та закономірностях поведінки породного масиву, які виявляються шляхом моніторингу гірничих виробок і прогнозу напружено-деформованого стану гірських порід. Аварійну ситуацію визначають для кожного з елементів геотехнічної системи, де повний ризик являє собою суму індивідуальних ризиків окремих значень домінуючих інформативних параметрів.

Визначено параметри зниження міцності гірських порід та залежності зміни ризиків, що виникають внаслідок обводнення породного масиву. Це дозволяє визначати ризики виникнення небезпечних станів породного масиву за різних глибин залягання, рівнів водонасиченості порід та критичних (мінімальних) параметрів міцності в сухому і обводненому станах.

Отримані залежності визначають вихідні умови для ідентифікації ризиків втрати стійкості обводненого породного масиву та створення ризик-орієнтованих технологій підтримання гірничих виробок.

Висновки.

1. Подальший розвиток отримав метод ідентифікації параметрів потенційно-небезпечних станів породного масиву, що відрізняється визначенням закономірностей змін показників ризиків виникнення небезпечного стану контрольованого об'єкта за статистично значущою кількістю

геомеханічних і гідрогеологічних параметрів моніторингу попередніх подій або за трендами і прогнозами подальших подій, залученням моделей нечіткої логіки та експертних правил, які враховують відхилення параметрів кожного з елементів геотехнічної системи «кріплення–породний масив» від точки рівноваги і швидкості зміни цих відхилень за проміжок часу.

2. Визначено зміни показників потенційних ризиків у часі, що виникають внаслідок збільшення напружень у зоні опорного тиску, підвищення навантажень на кріплення, обвалень порід, зниження міцності гірських порід в результаті обводнення та спричиняють втрату стійкості гірничих виробок.

Ризики втрати стійкості кріплення лави внаслідок обвалення покрівлі (для умов утримання покрівлі плавним опусканням на індивідуальному дерев'яному кріпленні) зростають прямо пропорційно часу підтримання оголення і для нижньої частини лави в 3...4 рази перевищують ризики обвалення покрівлі у верхній частині лави.

Ризики зниження міцності гірських порід від впливу фактора обводнення в діапазоні глибин 400...800 м лінійно зростають з інтенсивністю 0,62...0,71 – для аргілітів, 0,49...0,58 – для алевролітів, 0,25...0,37 – для пісковиків. Отримані залежності визначають вхідні умови для ідентифікації стійкості обводненого породного масиву та створення ризик-орієнтованих технологій підтримання гірничих виробок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Круковский А. П., Круковская В. В. Обзор существующих методов расчета напряженно-деформированного состояния и устойчивости массива горных пород. *Геотехническая механика*. 2002. № 36. С. 178–185.
2. Круковская В. В., Молчанов А. Н., Калугина Н. А. Особенности математического моделирования фильтрации метана вблизи тектонических нарушений. *Геотехническая механика*. 2015. № 121. С. 115–127.
3. Булат А. Ф. и др. Комплексование методов оценки геомеханических и газодинамических процессов в породном массиве для систем контроля производственной среды шахт. *Геотехническая механика*. 2017. № 134. С. 3–21.
4. Булат А. Ф. та ін. Нова фізико-геологічна модель генезису вугільного метану та перспективи її застосування. *Вугілля України*. 2014. № 4. С. 29–34.
5. Slashchov A., Yalanskyi O. Substantiation of fuzzy logic algorithms for control problems of a geotechnical systems. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 109. P. 91.
6. Slashchov I. M. et al. Forecast of potentially dangerous rock pressure manifestations in the mine roadways by using information technology and radiometric control methods. *Mining of Mineral Deposits*. 2019. № 13 (4). Pp. 9–17.
7. Павлов С. Н. Системы искусственного интеллекта : учеб. пособ. Томск : Эль Контент, 2011. Ч. 1. 176 с.

8. Рудько Г. І. та ін. Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС К-MINE) : монографія. Київ : Академпрес, 2011. 335 с.
9. Булат А. Ф. та ін. Обґрунтування методів і алгоритмів оцінки геомеханічної безпеки ведення гірничих робіт. *Геотехнічна механіка*. 2017. № 135. С. 16–31.
10. Слащев И. Н. Применение информационных технологий для повышения эффективности и безопасности горных работ. *Уголь Украины*. 2013. № 2. С. 40–43.
11. Слащёв А. И. и др. Иерархическая модель формализации нечеткого логического вывода для цифровых систем оценки устойчивости горных выработок. Дніпро : ІГТМ НАНУ, 2019. № 149. С. 122–131.
12. Slashchova O. A., Yalanskyi O. A., Slashchov A. I. Control of geomechanical processes using intelligent algorithms on the basis of fuzzy logic methods. *Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural ources : book of abstracts of the 3^d International sc. and tech. conf.* Petroșani, Romania : UNIVERSITAS Publishing, 2020. Pp. 126–127.

REFERENCES

1. Krukovskiy A.P. and Krukovskaya V.V. *Obzor sushchestvuyushchikh metodov rascheta napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya i ustoychivosti massiva gornyykh porod* [Review of existing methods for calculating the stress-strain state and stability of a rock massif]. *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geotechnical Mechanics]. 2020, no. 36, pp. 178–185. (in Russian).
2. Krukovskaya V.V., Molchanov A.N. and Kalugina N.A. *Osobennosti matematicheskogo modelirovaniya fil'tratsii metana vblizi tektonicheskikh narusheniy* [Features of mathematical modeling of methane filtration near tectonic faults]. *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geotechnical Mechanics]. 2015, no. 121, pp. 115–127. (in Russian).
3. Bulat A.F. et al. *Kompleksirovaniye metodov otsenki geomekhanicheskikh i gazodinamicheskikh protsessov v porodnom massive dlya sistem kontrolya proizvodstvennoy sredy shakht* [Evaluation methods of interconnected geomechanical and gas dynamic processes in the rock massif for the systems of working medium control in the mines]. *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geotechnical Mechanics]. 2017, no. 134, pp. 3–21. URL: <https://doi.org/10.15407/geotm2017.134.003>. (in Russian).
4. Bulat A.F. et al. *Nova fizyko-heolohichna model' henezysu vuhil'noho metanu ta perspektyvy yiyi zastosovannya* [A new physico-geological model of coalbed methane genesis and prospects for its application]. *Vuhillya Ukrayiny* [Coal of Ukraine]. 2014, no. 4, pp. 29–34. (in Ukrainian).
5. Slashchov A. and Yalanskyi O. Substantiation of fuzzy logic algorithms for control problems of a geotechnical systems. E3S Web of Conferences. 2019, vol. 109, p. 91. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900091>.
6. Slashchov I.M. et al. Forecast of potentially dangerous rock pressure manifestations in the mine roadways by using information technology and radiometric control methods. *Mining of Mineral Deposits*. 2019, no. 13 (4), pp. 9–17. URL: <https://doi.org/10.33271/mining13.04.009>.
7. Pavlov S.N. *Sistemy iskusstvennogo intellekta : ucheb. posob.* [Artificial intelligence systems : textbook allowance]. Part 1, Tomsk : El Kontent, 2011, 176 p. (in Russian).
8. Rudko H.I. et al. *Heoinformatsiyini tekhnolohiyi v nadrokorystuvanni (na prykladi HIS K-MINE) : monohrafiya* [Geoinformation technologies in subsurface management (by the example of K-MINE geoinformation system)]. Kyiv : Akadempres Publ., 2011, 335 p. (in Ukrainian).
9. Bulat A.F. et al. *Obgruntuvannya metodiv i alhorytmiv otsinky heomekhanichnoyi bezpeky vedennya hirnychyykh robit* [Validation of methods and algorithms for estimating geomechanical safety of mining operations]. *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geotechnical Mechanics]. 2017, no. 135, pp. 16–31. (in Ukrainian).
10. Slashchov I.N. *Primeneniye informatsionnykh tekhnologiy dlya povysheniya effektivnosti i bezopasnosti gornyykh robit* [The use of information technology to increase the efficiency and safety of mining operations]. *Ugol' Ukrainy* [Coal of Ukraine]. 2013, no. 2, pp. 40–43. (in Russian).
11. Slashchov A.I. et al. *Iyerarkhicheskaya model' formalizatsii nechetkogo logicheskogo vyvoda dlya tsifrovyykh sistem otsenki ustoychivosti gornyykh vyrabotok* [The hierarchical model of fuzzy logic output formalization for digital systems evaluating mine workings stability]. No. 149, Dnipro : IGTM NASU Publ., 2019, pp. 122–131. URL: <https://doi.org/10.15407/geotm2019.149.122> (in Russian).
12. Slashchova O.A., Yalanskyi O.A. and Slashchov A.I. Control of geomechanical processes using intelligent algorithms on the basis of fuzzy logic methods. *Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural ources : book of abstracts of the 3^d International sc. and tech. conf.* Petroșani, Romania : UNIVERSITAS Publ., 2020, pp. 126–127.

Надійшла до редакції: 14.09.2022.

УДК 628.9+692:004.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.100.897

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ СТАНУ БОКОВОГО ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

СОКОЛАН Ю. С.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
ШЕВЕЛЯ В. В.², докт. техн. наук, проф.,
ПЕГДОНЬ І.³, канд. техн. наук

^{1*} 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

² Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29000, Хмельницький, Україна, тел. +38 (0382) 670-276, e-mail: valeriy.shevelya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

³ Кафедра водопостачання та водовідведення, Жешувська політехніка, вул. Повстанців Варшави, 12, 35-959, Жешув, Польща, тел. +48-794-564-799, e-mail: piegi@prz.edu.pl, ORCID ID: 0000-0003-1094-4569

Анотація. Постановка проблеми. У XXI століття розвивається загальносвітова тенденція до створення спеціалізованого програмного забезпечення для розв'язання певних конкретних задач окремих предметних областей. Аналіз спеціалізованого програмного забезпечення у сфері охорони праці показав його відсутність для оцінення стану штучного освітлення приміщень. **Мета статті** – автоматизація процесу розрахунку регламентованої площі світлових прорізів та оцінення наявного природного освітлення у приміщеннях житлових, громадських та виробничих будівель у відповідності до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення». **Висновок.** Розроблений програмний продукт «Бокове природне освітлення» надає на 21 % більшу точність у розрахунку площі світлових прорізів, у 12 разів зменшує кількість часу, витраченого на проведення розрахунків, та дозволяє проводити розрахунки без знання методики. Реалізація захисту від уведення помилкових даних забезпечує зменшення кількості помилок, які можуть виникати у разі проведення розрахунків вручну, а також мінімізує вплив людського фактору на точність розрахунків. Розроблений програмний продукт може використовуватись як у сфері охорони праці для оцінення стану існуючого природного освітлення виробничих приміщень, так і в архітектурно-будівельній галузі на стадії ескізного проектування площі світлових прорізів приміщень виробничих, громадських та житлових будівель.

Ключові слова: бокове природне освітлення; виробниче освітлення приміщень; площа світлових прорізів; програмне забезпечення; автоматизація розрахунків

AUTOMATED APPROACH TO ASSESSMENT OF THE LATERAL NATURAL ILLUMINATION IN PREMISES

SOKOLAN Yu.S.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
SHEVELYA V.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
PIEGDOŃ I.³, *Cand. Sc. (Tech.)*.

^{1*} Department of Construction and Occupational Safety, Khmelnytskyi National University, 11, Intyutyska Str., 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, Intyutyska Str., Khmelnytskyi, 29000, Ukraine, tel. +38 (0382) 670-276, e-mail: valeriy.shevelya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

³ Department of Water Supply and Sewage Systems, Rzeszow University of Technology, 12, Powstancow Warszawy Str., Rzeszow, 35-959, Poland, tel. +48-794-564-799, e-mail: piegi@prz.edu.pl, ORCID ID: 0000-0003-1094-4569

Abstract. Problem statement. In the XXI century a worldwide tendency to create specialized software to solve specific problems of individual subject areas is developing. Analysis of specialized software in the field of occupational safety and health showed a lack of specialized software for assessing the condition of artificial lighting in premises. **The purpose of the article** – the automation of the calculation process for the regulated area of light openings and assessment of the available natural lighting in the premises for residential, public and industrial buildings in accordance with the State Building Code of Ukraine B.2.5-28:2018 Natural and artificial lighting by developing specialized software. **Conclusions.** The developed software product «Lateral natural light» gives 21 % greater accuracy in calculating the area of light openings, 12 times less time spent on the calculations and allows you to make calculations

without knowledge of the methodology. Implementation of protection against erroneous data entry provides a reduction in the number of errors that can occur during manual calculations, as well as minimizes the influence of human factor on the accuracy of calculations. Designed software can be used in the field of occupational safety and health to assess the state of the existing natural lighting of industrial premises, and in the architectural and construction industry at the stage of conceptual design of the area of light openings of the premises of industrial, public and residential buildings.

Keywords: *lateral natural illumination; industrial illumination of premises; area of light openings; software; automation of calculations*

Постановка проблеми. Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Велика кількість нещасних випадків на виробництві відбувається через недостатній рівень освітлення. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищує його від збудників багатьох хвороб. Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи у приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

У XXI столітті розвивається загальноосвітня тенденція до створення спеціалізованого програмного забезпечення для розв'язання певних конкретних задач окремих предметних областей. Використання такого програмного забезпечення спрощує процеси проведення розрахунків, сприяє мінімізації кількості помилок, які можуть виникнути під час ручного розрахунку, збільшує точність проведення розрахунків та значно зменшує час їх виконання.

Тому набуває актуальності питання створення спеціалізованого програмного забезпечення для оцінення стану природного освітлення приміщень громадських, житлових та промислових будівель.

Аналіз публікацій. Аналіз наявності спеціалізованого програмного забезпечення у сферах охорони праці та цивільної безпеки проведено у працях [6; 8; 9].

У статті [9] встановлено, що на ринку програмного забезпечення наявні чотири програми з функціоналом для навчання та перевірки знань з питань охорони праці, три з яких не повністю адаптовані під українське законодавство, оскільки були розроблені поза межами України, і лише Автоекзаменатор «Охорона праці» має весь необхідний функціонал та повністю

відповідає вимогам українських нормативно-правових актів з охорони праці.

У праці [8] розглядалось питання наявності програмного забезпечення для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму на виробництвах. Установлено, що відповідний функціонал наявний лише у трьох програмних засобах, які не пристосовані до використання на українських підприємствах, оскільки розроблені в Російській Федерації. Тобто на ринку програмних продуктів українського виробництва взагалі відсутнє спеціалізоване програмне забезпечення для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму.

Аналізуючи програмне забезпечення для оцінення природного освітлення приміщень [3–5], науковці розглядали декілька програмних засобів симуляції природного освітлення та можливостей його застосування для архітектурного проектування будівель. Таке програмне забезпечення не дає можливості повністю оцінити відповідність освітлення українським нормам, оскільки у статті [10] наведено низку відмінностей нормативних вимог освітлення в Україні від міжнародних стандартів.

Крім того, слід урахувувати зміни у нормуванні та методиці розрахунку природного освітлення в Україні. До 01.03.2019 р. основним документом, що регламентував методику розрахунку природного освітлення, були норми ДБН В.2.5-28-2006 *Природне і штучне освітлення*, а з вищезазначеної дати їм на заміну прийшов оновлений документ ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення*.

Основні відмінності у процесі нормування природного освітлення розглядаються у праці [7].

Мета статті – висвітлення автоматизації процесу розрахунку регламентованої площі світлових прорізів та оцінення наявного природного освітлення у приміщеннях житлових, громадських та виробничих будівель у відповідності з ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення.*

Результати досліджень. У відповідності з ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення* на стадії ескізного проектування значення необхідної площі світлопрорізів при боковому освітленні приміщень розрахунок проводиться за формулою:

$$S_B = \frac{D_H}{100m} \cdot \frac{K_3 \eta_B K_{\text{буд}}}{\tau_0 r_1}, \quad (1)$$

де S_B – площа світлових прорізів, м²; $S_{\text{п}}$ – площа підлоги приміщення, м²; D_H – нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО); m – коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу; K_3 – коефіцієнт запасу; η_B – коефіцієнт, який враховує світлову активність вікон; $K_{\text{буд}}$ – коефіцієнт, який враховує затінювання вікон протилежними будинками; r_1 – коефіцієнт, який враховує підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення; τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання матеріалу.

Розроблений програмний продукт «Природне бокове освітлення» призначений для автоматизованого розрахунку природного бокового освітлення у відповідності з діючим ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення*. На рисунку 1 зображено інтерфейс головного вікна програми.

Кнопка «Розрахувати ДН» відповідає модулю програми, ключового для вибору нормованого коефіцієнта природного освітлення. При натисканні зазначеної клавіші відкривається додаткове діалогове вікно КРОД_н, призначене для вибору необхідного значення коефіцієнта природного освітлення (рис. 2).

Умовно елементи діалогового вікна КРОД_н поділено на 4 зони. Перша зона

відповідає за вибір типу будівель, тобто громадських, цивільних чи промислових. Це групування забезпечує більш сприятливий та зручний для користувача інтерфейс, спрощує роботу з програмою, робить її більш зрозумілою та структурує значення КПО, наведені в ДБН В.2.5-28:2018.

Другий умовний блок відповідає за конкретизацію призначення будівлі. Наприклад, для вибору нормованого КПО для закладів загальної середньої, професійної та вищої освіти необхідно спочатку обрати Цивільні будівлі.

Таким чином, нормоване КПО для закладів загальної середньої, професійної та вищої освіти зберігається тільки у даній частині програми і користувач ніяким чином не нашттовхнеться на ці дані у, наприклад, нормованих значеннях КПО для житлових будівель.

Тобто у програмі реалізовано покроковий логічно-структурований вибір нормованого коефіцієнта природного освітлення.

Розрахунок загального коефіцієнта світлопропускання реалізований в окремому модулі, який відкривається натисканням клавіші «Розрахувати τ_0 ». Інтерфейс модуля показаний на рисунку 3.

У відповідності із ДБН В.2.5-28:2018 загальний коефіцієнт світлопропускання розраховується за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (2)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу; τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в рамах світлопрорізу; τ_3 – коефіцієнт, який враховує втрати світла у несних конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3 = 1$); τ_4 – коефіцієнт, який враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях; τ_5 – коефіцієнт, який враховує втрати світла у сонцезахисній сітці.

Оскільки загальний коефіцієнт розраховується за формулою 2, який враховує всі характеристики встановлених світлових прорізів, у модулі реалізовано визначення 5 складових, а саме [1; 2]:

– вид світлопропусканого матеріалу (τ_1);

- втрати світла в рамках світлопрорізу залежно від виду матеріалу рами (τ_2);
- втрати світла у несних конструкціях (τ_3);

- втрати світла у сонцезахисних пристроях (τ_4);
- втрати світла у захисній сітці (τ_5).

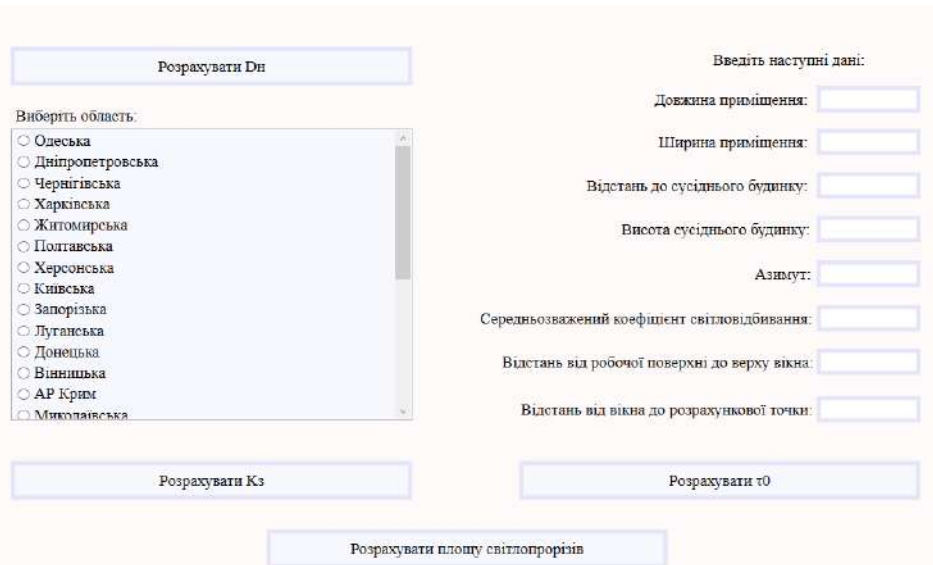


Рис. 1. Інтерфейс головного вікна програми «Природне бокове освітлення»

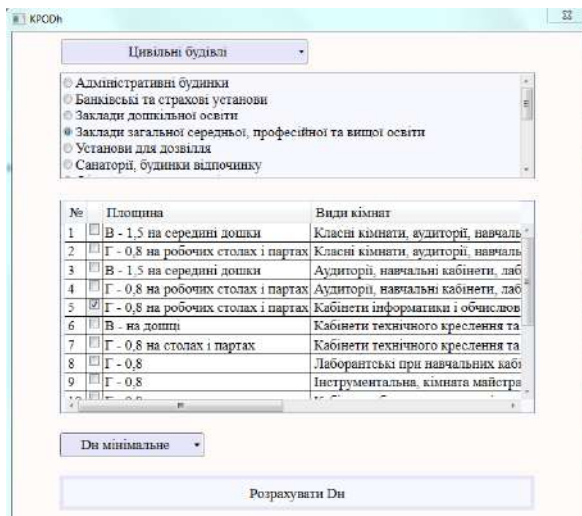


Рис. 2. Інтерфейс модуля вибору нормованого значення КПО

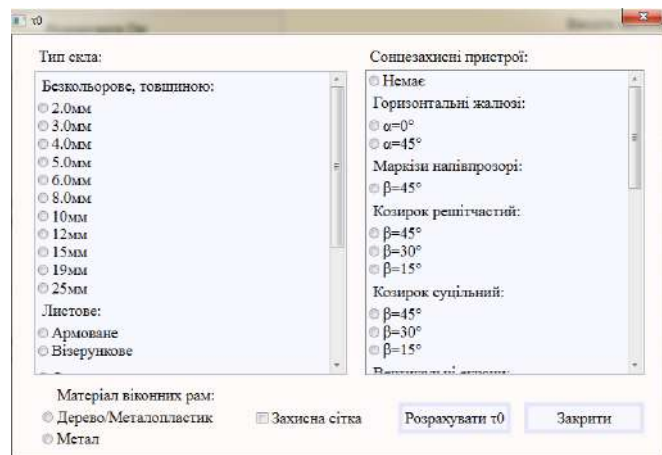


Рис. 3. Інтерфейс модуля розрахунку загального коефіцієнта світлопропускання

Коефіцієнт τ_1 враховує тип світлопрозорого матеріалу, який встановлений у приміщенні. Вибір коефіцієнта реалізовано у лівій частині вікна модуля.

Після вибору світлопропусканого матеріалу, програмний комплекс автоматично заносить у буферну пам'ять значення коефіцієнту τ_1 . У лівій нижній частині вікна модуля реалізовано вибір

коефіцієнта τ_2 (рис. 3), який враховує втрати світла у рамках світлопрорізу. Як видно, за замовчуванням у програмі реалізовані три основні види рам, які використовуються, а саме:

1. Метал – $\tau_2 = 0,85$;
2. Дерево – $\tau_2 = 0,75$;
3. Металопластик – $\tau_2 = 0,75$ [1].

Вибір коефіцієнта τ_5 реалізований знизу посередині вікна модуля, та відповідає за

наявність або відсутність захисної сітки. За наявності захисної сітки і встановленого прапорця коефіцієнт τ_5 приймається 0,9, за відсутності сітки і прапорця – $\tau_5 = 1,0$.

Оскільки коефіцієнт τ_3 враховує втрати світла в несних конструкціях і змінюється лише у випадку верхнього освітлення, для бокового освітлення його вибір не реалізований і τ_3 завжди рівний 1,0.

Вибір коефіцієнта запасу світлопропускнуго матеріалу реалізовано шляхом натискання кнопки «Розрахувати Кз» (рис. 1). Після її натискання відкривається діалогове вікно із вмістом модуля (рис. 4).

Умовно модуль вибору коефіцієнта запасу поділений на два окремі блоки:

- блок вибору типу приміщення;
- блок вибору кута нахилу світлопроникного матеріалу до горизонту.

Окрім вищезазначених модулів та коефіцієнтів, необхідних для розрахунку площі світлопрорізів у приміщенні, існує ще ряд необхідних даних. Такі дані або вибираються, або вводяться з клавіатури на головному інтерфейсі програмного продукту.

Оскільки у ДБН В.2.5-28:2018 коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу залежить від районування території України

по світловому клімату, у програмі реалізовано автоматичний вибір необхідного світлового клімату та відповідного коефіцієнта та включені коефіцієнти для всіх 24 областей та Автономної Республіки Крим.

У вікні «Виберіть область» необхідно обрати область, у якій розташоване приміщення для розрахунку природного бокового освітлення. В результаті у програмі автоматично обирається значення коефіцієнта світлового клімату світлопрорізу m , який використовується у подальших розрахунках.

Для коректної роботи програмного комплексу і його використання для розрахунку бокового природного освітлення необхідно ввести в програму такі дані:

1. Довжина приміщення.
2. Ширина приміщення.
3. Відстань до сусіднього будинку.
4. Висота сусіднього будинку.
5. Азимут.
6. Середньозважений коефіцієнт світло-відбивання.
7. Відстань від робочої поверхні до верху вікна.
8. Відстань від вікна до розрахункової точки.

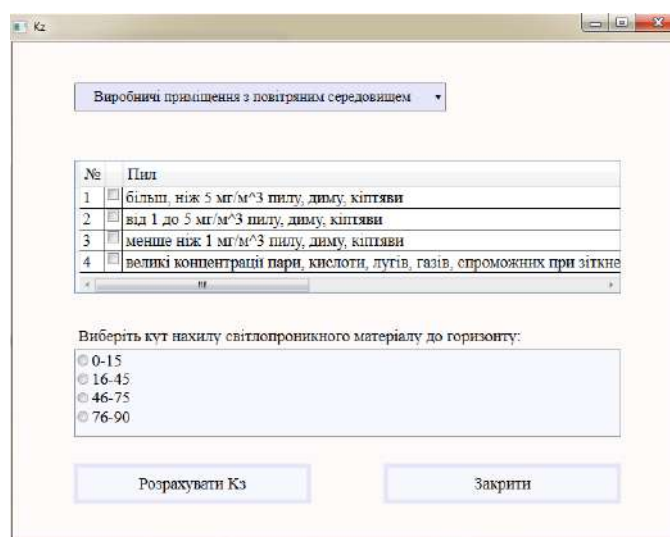


Рис. 4. Інтерфейс модуля вибору коефіцієнта запасу

Для розрахунку бокового природного освітлення за формулою (1) необхідно ввести всі дані у відповідні поля. Після введення даних і натискання кнопки

«Розрахувати площу світлопрорізів» програма покроково виконає наступні дії.

1. На основі вибраного типу приміщення прирівняє відповідне значення

коефіцієнта природного освітлення змінній D_H .

2. Вибір коефіцієнта світлового клімату m .

Для вибору коефіцієнта світлового клімату програма зчитує двоє даних – азимут та область. Азимут вводиться користувачем з клавіатури, а область, тобто місце розташування приміщення, для якого виконується розрахунок бокового природного освітлення, обирається у лівій частині головного вікна програми (рис. 1).

Після перевірки, чи всі дані правильно введені у програму, вона переходить до вибору коефіцієнта світлового клімату. Територія України умовно поділена на 4 світлокліматичні райони, в кожному з яких інші значення коефіцієнта світлового клімату залежно від азимуту.

3. Вибір коефіцієнта запасу K_3 .

4. Вибір коефіцієнта η_v .

5. Призначення коефіцієнта $K_{бод}$.

Коефіцієнт $K_{бод}$, який враховує затінювання світлових прорізів будинками, що стоять навпроти, визначається на основі відношення відстані до будинку P , що утворює тінь, до висоти цього будинку $H_{бод}$.

6. Розрахунок загального коефіцієнта світлопропускання τ_0 .

7. Вибір коефіцієнта r_l .

Коефіцієнт r_l залежить від таких факторів:

– відношення глибини приміщення B до його висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна h_1 ;

– відношення відстані l розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення B ;

– середньозваженого коефіцієнта світловідбивання стелі, стін та підлоги ρ ;

– відношення довжини приміщення l_n до його глибини B .

Параметри відношення глибини приміщення B до його висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна h_1 та відношення довжини приміщення l_n до його глибини B уже використовувались в програмі для визначення коефіцієнта η_v і приймаються з тими ж значеннями. Середньозважений коефіцієнт світло-

відбивання стелі, стін та підлоги вводиться користувачем у відповідне поле у правій частині головного вікна програми.

У той же час, розрахунок відношення відстані l розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення B відбувається таким же чином, що і перші два відношення у даному списку необхідних параметрів на основі даних, які введені користувачем з клавіатури. Отже, на головному вікні програми передбачені всі поля для вибору або введення даних, які необхідні для розрахунку бокового природного освітлення приміщення.

Крім того, для зменшення можливості виникнення помилки при вводі або виборі даних користувачем у програмному комплексі передбачена спеціальна перевірка більшості параметрів, які використовуються для розрахунку. Перевірка параметрів відсутня лише для тих даних, які вибираються із занесеного в базу даних програми списку, а саме:

1. Нормованого значення коефіцієнта природного освітлення D_H .

2. Коефіцієнта запасу K_3 .

3. Області, в якій розташоване приміщення.

Хоча перевірка на ввід даних для зазначених параметрів відсутня, програма все одно не перейде до розрахунків, поки користувач не вибере необхідне значення. Наприклад, якщо користувач забув обрати нормоване КПО, програмний комплекс відкриє діалогове вікно, в якому буде зазначено, якого параметра не вистачає для розрахунку. Зверніть увагу, що у тексті помилки певний параметр наведений так само, як і в інших елементах програми. Це зменшує вірогідність заплутати користувача.

Аналогічна перевірка на введення всіх необхідних для розрахунку даних реалізована для всіх коефіцієнтів та проміжних даних для розрахунку, окрім коефіцієнта τ_5 . За замовчуванням, якщо користувач натисне кнопку «Розрахувати τ_0 » і не поставить прапорець навпроти відповідного поля «Захисна сітка», програма автоматично приймає, що захисна сітка

відсутня, і присвоює коефіцієнту τ_5 значення 1,0.

Слід ураховувати, що деякі значення повинні лежати в певних межах. До прикладу, азимут може становити від 0 до 360°. Тому, якщо користувач спробує ввести будь-яке інше значення азимуту у відповідне поле, програма виведе відповідне повідомлення (рис. 5).

Таким чином, у програмному комплексі реалізовано не тільки автоматизацію розрахунку бокового природного освітлення в приміщенні, а й захист від помилок, яких випадково або навмисно може припуститися користувач. Тобто максимально виключені помилки, викликані людським фактором.

Якщо ж усі дані були введені правильно, програма відкриє нове діалогове вікно «Результати», на якому будуть наведені всі покрокові розрахунки та загальний результат (рис. 6).

Оскільки найчастіше важко встановити саме ідеальну площу світлових прорізів, отриманих за розрахунком та виведених у 8-му рядку, ДБН В.2.5:28-2018 *Природне і штучне освітлення* дозволяє зменшувати площу світлових прорізів на 5 % від розрахункової або збільшувати на 10 % від розрахункової. Будь-яка площа вікон, які потрапили в дані межі, задовольняє стан бокового природного освітлення.

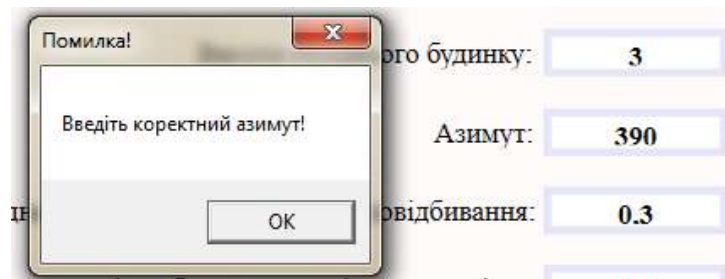


Рис. 5. Приклад виводу повідомлення про помилку

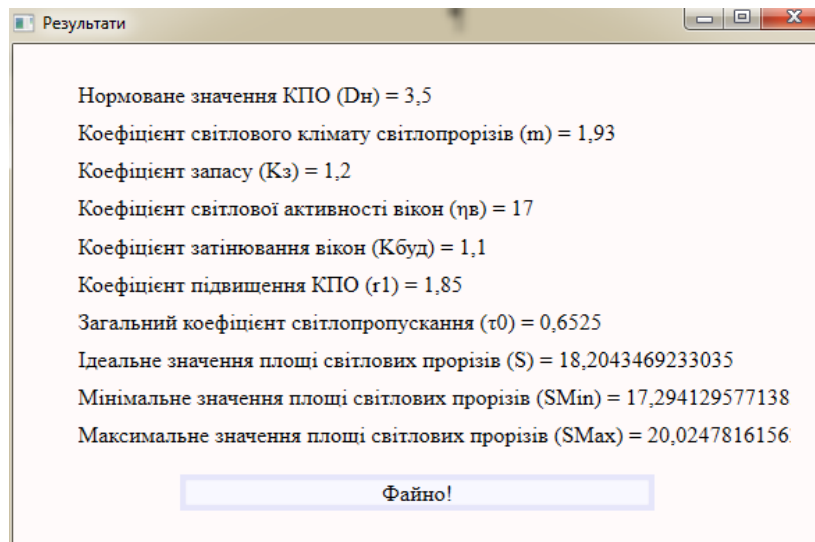


Рис. 6. Результати розрахунку бокового природного освітлення

Проведено порівняння ефективності використання розробленого програмного забезпечення «Бокове природне освітлення» із ручним розрахунком у відповідності з регламентованою методикою [1]. Порівнянням кількості часу, витраченого для розрахунку світлопрорізів одного й того

ж самого приміщення ручним методом та за допомогою програми, визначено, що на ручний метод було витрачено приблизно 55–60 хвилин. В той же час, розрахунок автоматизованим методом займає 5 хвилин і не потребує самого знання методу розрахунку і формул.

Крім того, проведено порівняння точності автоматизованого та ручного методу розрахунку бокового природного освітлення приміщень на прикладі навчальної аудиторії у Хмельницькому національному університеті. Розрахункова (ідеальна) площа світлових прорізів ручним методом становить $S = 14,38 \text{ м}^2$, а автоматизованим методом – $S = 18,20 \text{ м}^2$. Така велика різниця пояснюється тим, що програмний продукт «Бокове освітлення» не заокруглює та не приймає наближених значень у процесі розрахунку, тобто є більш точним методом. Похибка розрахунку тоді становить:

$$e = \frac{S_p}{S_a} = \frac{14,38}{18,20} \cdot 100 \% = 79 \%, \quad (3)$$

де S_p – результат розрахунку площі світлових прорізів ручним методом, м^2 ; S_a – результат розрахунку площі світлових прорізів автоматизованим методом, м^2 .

Тобто розрахунок бокового природного освітлення дає лише 79 % точності розрахунку, а автоматизований метод на 21 % точніший.

Можна зробити висновок, що для проведення одного розрахунку бокового природного освітлення автоматизований метод у 12 разів швидший та на 21 % точніший.

Крім того, слід враховувати, що кожен наступний розрахунок ручним методом буде займати приблизно стільки ж часу, як і перший (≈ 1 год.), так само як і автоматизованим методом (≈ 5 хв). Автори порівняли перспективу постійного використання автоматизованого розрахунку природного освітлення. Графік залежності від часу для проведення 10 розрахунків зображений на рисунку 7.

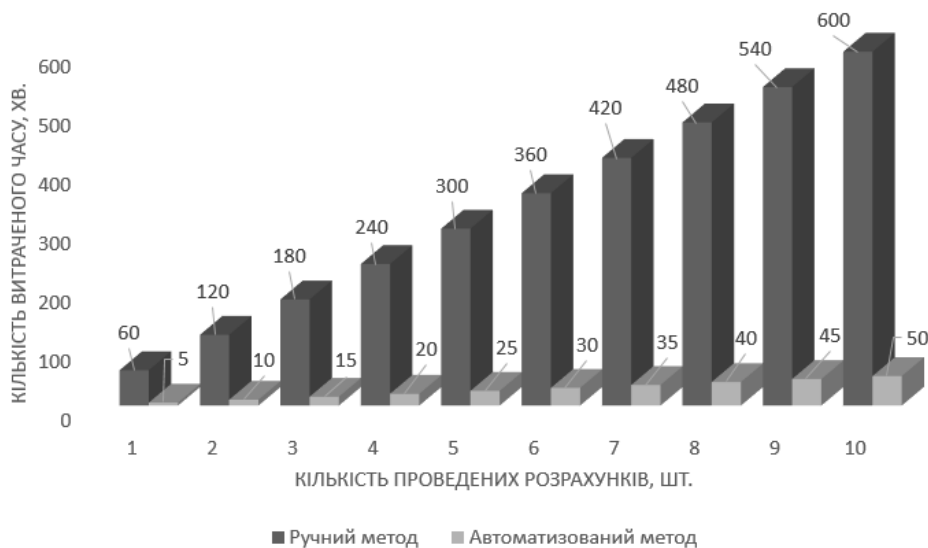


Рис. 7. Порівняння витраченого часу для 10 послідовних розрахунків ручним та автоматизованим методом

Висновки.

Актуальність використання автоматизованого методу розрахунку бокового природного освітлення полягає в такому:

- повністю виключена можливість помилки у розрахунку формул;
- виключений людський фактор, який може викликати виникнення помилок у розрахунках та введенні даних;

- розрахунок максимально точний, оскільки відсутнє округлення будь-яких результатів;

- реалізовано захист від уведення помилкових даних;

- зручний та зрозумілий інтерфейс для користувача;

- можливість проведення розрахунку бокового природного освітлення без знання методики;

- метод у 12 разів швидший, ніж ручний;

– точність на 21 % більша, ніж за розрахунку вручну.

Отже, програмний продукт «Бокове освітлення» набуває свого практичного значення та застосування в будь-якій сфері виробничих та невиробничих галузей підприємств України для перевірки стану

природного бокового освітлення та задоволення регламентованим нормам охорони праці з цього питання, а також у будівельній галузі для перевірки стану бокового природного освітлення житлових приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5:28-2018. Природне і штучне освітлення. [Чинні від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с. (Державні будівельні норми України).
2. ДБН В.2.5:28-2006. Природне і штучне освітлення. [Чинні до 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2006. 142 с. (Державні будівельні норми України).
3. 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 : 11.05.2022).
4. 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 : 11.05.2022).
5. 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 : 11.05.2022).
6. 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.
7. Соколан Ю. С., Паршенко К. А. Аналіз змін у нормуванні природного освітлення приміщень у відповідності із державними будівельними нормами. *Вісник Хмельницького Національного Університету.* № 6. 2020. С. 67–72.
8. Соколан Ю. С., Романішина О. В. Аналіз спеціалізованого програмного забезпечення з охорони праці для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму. *Вісник Хмельницького Національного Університету.* № 1. 2021. С. 58–66.
9. Соколан Ю. С., Ромінашина О. В. Аналіз програмного забезпечення для навчання та перевірки знань з питань охорони праці. *Вісник Хмельницького Національного Університету.* № 4. 2020. С. 76–84.
10. Чернець В. Аналіз відповідності нормативних вимог освітлення в Україні міжнародним стандартам СІЕ. *Методологія та прилади.* № 5. 2016. С. 33–41.

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. *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).
3. 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 :11.05.2022).
4. 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 : 11.05.2022).
5. 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 : 11.05.2022).
6. Sokolan Yu.S. *Problematyka zabezpechenosti spetsializovanim programnym zabezpechennyam v sferi ohorony pratci* [Problems of provision of specialized software in the field of labor protection]. *Problemy ta perspektyvy rovytku ohorony pratci : Vseukraiynska naukovo-praktychna konferentsiya* [Problems and Prospects of Development of Labor Protection : All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Lviv, 2021, pp. 16–17. (in Ukrainian).

7. Sokolan Yu.S. and Parshenko K.A. *Analiz zmin u normuvanni prurodnogo osvittleniya 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 Khmelnitskiy National University]. No. 6, 2020, pp. 67–72. (in Ukrainian).

8. Sokolan Yu.S. and Romanishina O.V. *Analiz spetsializovanogo programnogo zabezpechennya z ohorony pratsi dlya reestratsii neshchasnyh vypadkiv ta analizu travmatyzmu* [Analysis of specialized occupational safety software for registration of industrial accidents and accident rate analysis]. *Visnyk Khmel'nyts'koho Natsional'noho Universytetu* [Herald of Khmelnitskiy National University]. No. 1, 2021, pp. 58–66. (in Ukrainian).

9. Sokolan Yu.S., Romanishina O.V. *Analiz programnogo zabezpechennya dlya navchannya ta perevirky znan z pytan ohorony pratsi* [Analysis of the software for training and knowledge assessment regarding professional safety]. *Visnyk Khmel'nyts'koho Natsional'noho Universytetu* [Herald of Khmelnitskiy National University]. No. 4, 2020, pp. 76–84. (in Ukrainian).

10. Chernetc V. *Analiz vidpovidnozti normatyvnyh vymog osvittleniya d Ukraini mizhnarodnym standartam CIE* [Analysis of Compliance of Regulatory Requirements for Lighting in Ukraine with International CIE Standards]. *Metodolohiya ta prylady* [Methodology and Instrumentation]. No. 5, 2016, pp. 33–41. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 07.08.2022.

УДК 349.23

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.110.898

ОХОРОНА ПРАЦІ ЗА РІЗНИМИ ФОРМАМИ ПРАЦЕВЛАШТУВАННЯ

ШАЙХЛІСЛАМОВА І. А.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

МУХА О. А.², канд. техн. наук, доц.,

ПАВЛОВА І. Ю.³, студ.

^{1*} Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 572-36-22, e-mail: shaikhlislamova.i.a@nmu.one, ORCID ID: 0000-0002-9599-3492

² Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 94-11-005, e-mail: mukha.o.a@nmu.one, ORCID ID: 0000-0002-1311-8708

³ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 484-20-36, e-mail: pavlova.i.y@nmu.one

Анотація. Постановка проблеми. Перехід до ринкової економіки в Україні та формування виробничих відносин на засадах приватної власності викликали якісні зміни суті найманої праці. Роботодавці, бажаючи отримати більший прибуток від своєї діяльності, зменшують витрати на охорону праці та оминають додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці, тому питання організації безпечних і належних умов праці з кожним роком набуває більших масштабів. **Мета статті** – спираючись на законодавчу та нормативно-правову базу України, зробити аналіз забезпечення охорони праці за різними формами працевлаштування. **Результати дослідження.** Розглянуто існуючі форми працевлаштування та їх правову базу. Визначено сторони та предмет договору. Виконано порівняння умов залучення до роботи за різними формами з огляду на недоліки і переваги щодо охорони праці, а саме створення умов праці відповідно до нормативно-правових актів, забезпечення додержання вимог законодавства щодо прав працівників та їх соціальні гарантії. Позначено форму та умови, за якими залучення до робіт підвищеної небезпеки є порушенням законодавства. **Об'єкт дослідження.** Вимоги до додержання охорони праці та відповідальність сторін щодо безпеки виконання робіт за різними формами працевлаштування. **Предмет дослідження.** Нормативно-правова база України. **Методи дослідження.** Аналіз та узагальнення даних під час вивчення літературних джерел, методи емпіричного дослідження – з порівнянням і зіставленням різних форм працевлаштування. **Практичне значення.** Врегулювання безпеки працівника, зменшення травматизму, поліпшення становища працівника і компанії, згідно із законодавством України про працю за умови правильного залучення його до роботи. Особисте відповідальне ставлення до своєї роботи та захисту від виробничих ризиків.

Ключові слова: охорона праці; правова база; роботи підвищеної небезпеки; соціальні заходи; трудовий договір; цивільно-правовий договір

LABOR PROTECTION IN DIFFERENT FORMS OF EMPLOYMENT

SHAIKHLISLAMOVA I.A.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

MUKHA O.A.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

PAVLOVA I.Yu.³, Stud.

^{1*} Dnipro University of Technology, 19, Ave. Dmytra Yavornytskoho, Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: shaikhlislamova.i.a@nmu.one, tel. +38 (050) 572-36-22, ORCID ID: 0000-0002-9599-3492

² Dnipro University of Technology, 19, Ave. Dmytra Yavornytskoho, Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: mukha.o.a@nmu.one, tel. +38 (099) 94-11-005, ORCID ID: 0000-0002-1311-8708

³ Dnipro University of Technology, 19, Ave. Dmytra Yavornytskoho, Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: pavlova.i.y@nmu.one, tel. +38 (099) 484-20-36

Abstract. Problem statement. The transition to a market economy in Ukraine and the formation of production relations on the basis of private property have led to a qualitative change in the essence of wage labor. Employers, wanting to make more profit from their activities, reduce health and safety expenditure and avoid the requirements of labor rights legislation, so the issue of safe and proper working conditions is gaining more and more importance every year. **The purpose of the article.** Based on the legislative and regulatory framework in Ukraine, make an analysis of the provision of labor protection in different forms of employment. **Research results.** Existing forms of employment and their legal framework are considered. The parties and the subject of the contract are identified. A comparison for the

terms of labor protection, namely, the creation of working conditions in accordance with regulatory and legal acts, ensuring compliance with the requirements of legislation regarding the rights of employees and their social guarantees. The form and conditions under which involvement in increased hazardous works is a violation of the law are indicated. **Object of study.** Requirements for compliance with labor protection and the responsibility of the parties regarding the safety of work under various forms of employment. **Subject of study.** Regulatory and legal framework of Ukraine. **Research methods.** Analysis and generalization of data during the study of literary sources, methods of empirical research – when comparing and comparing different forms of employment. **Practical value.** Regulation of employee safety, reduction of injuries, improvement of the position for the employee and the company, in accordance with the legislation of Ukraine on labor under the conditions of his faithful involvement in work. Personal responsible attitude to one's work and protection from industrial risks.

Keywords: labor safety; legal framework; increased hazardous work; social activities; labor contract; civil contract

Постановка проблеми. Перехід до ринкової економіки в Україні та формування виробничих відносин на засадах приватної власності викликали якісні зміни суті найманої праці. Роботодавці, бажаючи отримати більший прибуток від своєї діяльності, зменшують витрати на охорону праці та оминають вимоги законодавства з прав працівників у сфері охорони праці. На практиці трапляються непоодинокі випадки виконання робіт на підприємстві не на підставі трудового договору, оформленого у встановленому законом порядку між роботодавцем і працівником, а на підставі договору підряду (цивільно-правового договору), укладеного між підприємством (замовником) і фізичною особою (підрядником, виконавцем).

У більшості випадків такі цивільно-правові договори спрямовані на приховування не оформлених належним чином трудових відносин. Більшість робіт, що виконується за договорами підряду, належать до робіт підвищеної небезпеки, під час виконання яких трапляються нещасні випадки з тяжкими і смертельними наслідками, тому проблема правильного оформлення трудових відносин, враховуючи питання організації безпечних і належних умов праці, не лише не втрачає своєї актуальності, а й з кожним роком набуває більших масштабів.

Аналіз публікацій. Положення про трудовий договір (контракт) регламентуються Кодексом законів про працю України (КЗпроП), а про Цивільно-правові договори (угоди) – Цивільним

кодексом України (ЦК України) та Господарським кодексом України (ГК України) [1]. Прийнятим у липні 2021 роком Закону України «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні» введена ще одна форма працевлаштування – гіг-контракт на виконання роботи та/або надавання послуги, який складається між гіг-спеціалістом і резидентом Дія Сіті.

Також для отримання матеріального забезпечення або соціальних послуг у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності або в результаті нещасного випадку за останні роки до ст. 18 і 35 Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» було додано коло осіб, які підлягають обов'язковому соціальному страхуванню, за рахунок роботодавця, через тимчасову втрату працездатності та страхуванню від нещасного випадку «особи, працюючих на умовах контракту, трудового договору або іншого цивільно-правового договору...».

Охорона праці передбачає збереження працездатності людини, її здоров'я та життя в процесі трудової діяльності за рахунок упровадження заходів та засобів у таких системах як правова, соціально-економічна, організаційно-технічна, лікувально-профілактична і санітарно-гігієнічна.

Стаття 13 Закону України «Про охорону праці» [1] передбачає, що роботодавець зобов'язаний за свій рахунок у кожному структурному підрозділі створити на всіх робочих місцях умови праці згідно із законодавчими та нормативно-правовими актами (НПА), а також забезпечити додержання цих вимог щодо соціальних

гарантій та прав працівників у сфері охорони праці. За невиконання законодавства з охорони праці роботодавець несе безпосередню відповідальність.

У публікаціях [2–4] з даної проблематики висвітлені питання щодо обов'язковості одержання дозволу на виконання робіт підвищеної небезпеки, передбаченого ст. 21 Закону України «Про охорону праці», інакше вважати складання договору підряду недійсним і таким, що протирічить вимогам законодавства України і нормативно-правовим актам про охорону праці.

Мета статті – спираючись на законодавчу та нормативно-правову базу України, зробити аналіз забезпечення охорони праці за різними формами працевлаштування.

Виклад матеріалу. Розглянемо існуючі форми працевлаштування в Українському законодавстві:

Цивільно-правовий договір (ЦПД) – домовленість двох або більше сторін, спрямована на встановлення, зміну або припинення цивільних прав та обов'язків [1, ч. 4 ст. 202, ч. 1 ст. 626 ЦК України].

Формою ЦПД є договір підряду, трудова угода, договір доручення тощо.

1. Договір підряду – цивільно-правовий договір, за якою одна сторона (підрядник) зобов'язується на свій ризик виконати певну роботу за завданням другої сторони (замовника), а замовник зобов'язується прийняти та оплатити виконану роботу [1, ст. 83 ЦК України].

Підрядник – сторона договору підряду, яка зобов'язується виконати визначену роботу, на свій ризик, згідно із завданням від замовника (другої сторони). Права та обов'язки підрядника визначаються Цивільним кодексом України.

Виконавець – суб'єкт господарювання, що надає послуги або виконує роботи.

Фізична особа-підприємець (ФОП) – особа, яка реалізує свою здатність до праці шляхом самостійної, на власний ризик, діяльності з метою отримання прибутку.

Замовник – фізична чи юридична особа, розпорядник грошових коштів, який

замовляє певні товари, роботи чи послуги (цінності), або подає заявку про придбання чи замовлення товарів, робіт чи послуг (цінностей) у майбутньому.

Особа, яка працює за ЦПД, є підрядником, на якого не поширюється трудове законодавство.

Сторони підписують письмовий договір на одноразові роботи. Суть договору: виконавець зобов'язується на свій ризик виконати певну роботу або надати послугу відповідно до власного графіка роботи, а замовник – прийняти й оплатити результати роботи або послуги. Предмет договору: кінцевий результат роботи або послуги. Передоручати роботу можна. Послуги (роботи), що надаються (виконуються): виготовлення, обробка, переробка, ремонт речей або здійснення інших видів робіт із передачею замовнику її результатів. Підрядник (субпідрядник) перед виконанням окремих видів робіт, перелік яких встановлений нормативно-правовими актами, повинен одержати спеціальний дозвіл. Сторони договору – Замовник і Підрядник (можуть бути: фізособа, юрособа, підприємець).

Строк дії договору визначають у договорі – як правило, місяць (понад рік – підстава для інспекційної перевірки). Підстава для оплати: Акт виконаних робіт або наданих послуг.

Якщо замовник – фізособа замовляє роботи для власних потреб, укладається договір побутового підряду і правовідносини регулюються ЗУ «Про захист прав споживачів».

Недоліки такого виду працевлаштування: трудові гарантії не надаються; виконавець відсутній у штатному розкладі; не вноситься запис до трудової книжки; виплат допомоги по вагітності та пологах немає; виконання робіт на свій страх і ризик.

Переваги: форма оплати – винагорода; страхування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності; право на допомогу по тимчасовій непрацездатності; розмір оплати визначають у договорі, він не залежить від розміру мінімальної заробітної плати.

Відповідальність сторін: передбачена в договорі – штрафні санкції, дострокове розірвання договору, відшкодування збитків.

2. **Гіг-контрактом** відповідно до Закону України «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні» [1, ст. 1] є цивільно-правовий договір, згідно з яким гіг-спеціаліст зобов'язується надавати послуги (виконувати роботи) відповідно до завдання замовника – резидента Дія Сіті. Резидент Дія Сіті відповідно гіг-контракту зобов'язується оплатити надані послуги (виконані роботи), забезпечити гіг-спеціалісту необхідні для надання послуг (виконання робіт) умови, а також соціальні гарантії.

Гіг-спеціаліст – фізична особа, яка у гіг-контракті визначається підрядником (виконавцем).

Резидентом Дія Сіті є юридична особа, що набула статус «резидент Дія Сіті» та відповідно з інформацією, яка розміщена у реєстрі Дія Сіті, перебуває у цьому статусі.

Охорона праці гіг-спеціалістів регулюється укладенням з гіг-спеціалістом гіг-контрактом, а також затвердженими внутрішніми документами резидента Дія Сіті з урахуванням норм Закону України «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні».

Вид документа на виконання роботи: ЦПД із зазначенням про укладення саме гіг-контракту. ЦПД не вважається гіг-контрактом, якщо в ньому прямо не зазначено про укладення саме гіг-контракту. Гіг-контракт укладається у письмовій (електронній) формі на невизначений строк. Сама суть договору надає роботодавцю (компанії) більш широкі можливості для контролю якості виконання робіт, в тому числі й застосування відеокамер. Відсутня також заборона на моніторинг трафіка компанії з метою визначення ресурсів, якими користувався гіг-спеціаліст. Сторони гіг-контракту можуть прописати у договорі всі умови, зобов'язання та гарантії, в тому числі опис завдань, робіт, послуг, функцій спеціаліста, розміри оплати, способи взаємодії, підстави припинення договору,

форс-мажорні обставини тощо.

Послуги (роботи), що надаються (виконуються) за гіг-контрактом: виконання функцій певної посади, зокрема, функцій головного інженера, відповідальної особи, яка організовує роботу, пов'язану із захистом персональних даних під час їх оброблення. Укладення та виконання робіт за гіг-контрактом не вважається підприємницькою чи іншою господарською діяльністю гіг-спеціаліста.

Умови виконання робіт:

- 1) час виконання робіт (надання послуг);
- 2) час відпочинку;
- 3) умови перебування гіг-спеціалістів за

визначеним місцем виконання робіт (надання послуг) та за місцем здійснення діяльності резидентом Дія Сіті;

4) правила резидента Дія Сіті, зокрема, щодо охорони праці у місцях виконання робіт (надання послуг) та місцях здійснення діяльності резидентом Дія Сіті, та відповідальність за їх порушення;

5) надання додаткових компенсаційних виплат чи гарантій.

Строк дії договору визначаються у гіг-контракті за домовленістю сторін.

Розмір оплати, визначають у договорі, не залежить від розміру мінімальної заробітної плати, підстави для оплати Закон України «Про оплату праці», – у розмірі мінімального страхового внеску (22 % від мінімальної заробітної плати).

Резидент Дія Сіті зобов'язаний нараховувати та сплачувати визначений відповідно до Закону України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» розмір єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування за гіг-спеціаліста.

Недолік такого виду працевлаштування: на *гіг-фахівців* не заводять *трудові книжки* і не ведеться інша кадрова документація.

Переваги: закріплення *трудових* прав, погодинна оплата; наявність одиниці в штаті; виплата допомоги по вагітності та пологах; страхування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності; право на допомогу по тимчасовій

непрацездатності.

Відповідальність сторін: кожна зі сторін гіг-контракту має право розірвати його, поставивши до відома іншу сторону не менше ніж за 30 днів.

Скорочення штату або суттєві проступки працівника: невідповідність займаній посаді, прогул, поява на роботі в нетверезому стані, розкрадання тощо.

Тобто Гіг-контракт – це нова форма правових відносин у трудовій діяльності, він гнучкий і містить переваги цивільно-правових відносин, не може перекваліфікуватися на трудові відносини і забезпечує гіг-спеціалісту соціальні гарантії. А саме контракт обмежує працівника в його діях. Наприклад, не дає звільнитися за власним бажанням. Наявність у контракті таких умов як строковість, підвищена відповідальність працівника, додаткові підстави для розірвання контракту тощо можуть бути не вигідними для працівника.

3. Трудовий договір – це угода між роботодавцем (фізичною особою) і працівником, відповідно до якої працівник бере на себе зобов'язання виконати роботу, зазначену в угоді, а роботодавець (фізична особа) повинен забезпечити передбачені законодавчими та нормативно-правовими актами, колективним договором (угодою сторін) необхідні для виконання роботи умови праці, а також виплатити працівнику зарплату.

Згідно із Законом України «Про охорону праці» [1]:

роботодавець – це власник підприємства (установи, організації) або уповноважений ним орган, незалежно від виду діяльності (господарювання) та форми власності, або фізична особа, що використовує найману працю;

працівник – це особа, що працює на підприємстві (в організації або установі) й виконує обов'язки (функції) відповідно до трудового договору (контракту).

Згідно із Законом України «Про охорону праці» працівник зобов'язаний [1, ст. 14]:

– дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт

чи під час перебування на території підприємства;

– знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведіння з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

– проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Трудовим договором устанавлюються умови для виконання робіт, що вимагають наявності в особи професійної (часткової професійної) кваліфікації, або умови для виконання робіт, які не потребують цього.

Трудовий договір вільний за формою викладення і складається в письмовій формі, регулюється нормами чинного трудового законодавства і не може містити положень, які суперечать йому. Додержанням письмової форми обов'язкове у таких випадках:

– під час організованого набору працівників;

– у разі проведенні робіт у районах з особливими природними географічними (геологічними) умовами, а також в умовах підвищеного ризику для здоров'я;

– коли безпосередньо працівник наполягає на укладенні у письмовій формі трудового договору;

– при укладенні трудового договору з неповнолітніми, з фізичними особами або в інших випадках, що передбачені в законодавстві України.

У роботодавця немає права вимагати від працівника виконання роботи, не вказаної у трудовому договорі.

При укладанні трудового договору (окрім договору щодо дистанційної роботи, надомної роботи) роботодавець зобов'язаний проінформувати працівника (під особистий підпис) щодо умов праці та наявності на його робочому місці небезпечних (шкідливих) виробничих чинників, які не було усунуто, про можливі наслідки їх впливу на його здоров'я, про права працівника на пільги (компенсації) за

роботу в таких умовах відповідно до чинного законодавства та складеного колективного договору. Роботодавець під час дії укладеного з працівником трудового договору повинен письмово проінформувати працівника щодо змін виробничих умов та розмірів пільг (компенсацій) не менше ніж за два місяці.

Роботодавець не може:

– пропонувати роботу працівнику, якщо вона протипоказана йому за станом здоров'я відповідно до медичного висновку;

– допускати осіб до виконання робіт підвищеної небезпеки та робіт, що потребують профдобору без висновку психофізіологічної експертизи.

Він повинен безоплатно за встановленими нормами видавати спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні (знешкоджувальні) засоби при залученні працівників до робіт із шкідливими (небезпечними) умовами праці, а також до робіт, що пов'язані із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами.

Роботодавець зобов'язаний за працівника щомісяця нараховувати та сплачувати визначений відповідно до чинного законодавства [1] страховий внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання.

Не допускається будь-яке обмеження трудових прав працівника при укладенні, зміні та припиненні трудового договору.

4. **Контракт** – особлива форма трудового договору, де угодою сторін можуть встановлюватися строк дії контракту, права, обов'язки і відповідальність сторін, умови та організація роботи працівника, його матеріальне забезпечення, умови припинення договору (дострокового розірвання) тощо.

Сфера застосування контракту визначається чинним законодавством України. Невиконання положень законів України надає право кожній із сторін відразу звернутися до суду, без проходження стадії досудового

врегулювання трудового спору. У контракті конкретизуються умови, про які домовилися договірні сторони, а в разі порушення – вони служать ефективним інструментом у судовому процесі.

Відмінність контракту зводиться до такого:

– контракт обов'язково укладається в письмовій формі;

– істотними умовами укладення контракту є передбачення строку його дії, підстав його припинення чи розірвання. Таким чином, контракт укладається на строк, який встановлюється за погодженням сторін та містить чітке зазначення, коли розпочинається строк дії контракту та коли він закінчується.

– у контракті можуть встановлюватися додаткові (крім зазначених законодавством) підстави щодо його розірвання;

– у разі дострокового розторгнення контракту повинно передбачатися зобов'язання власника (уповноваженого ним органу) з компенсації моральної (матеріальної) шкоди, яка буде заподіяна працівникові;

– сфера застосування контракту визначається законами України.

– договір не обмежує працівника в строках виконання ним трудових функцій та обов'язків, крім випадків, коли потрібно укласти строковий трудовий договір. Працівник може звільнитися в будь-який момент, сповістивши роботодавця за два тижні. Контракт, як правило, укладається на певний термін. Працівник не має права звільнитися до тих пір, поки строк контракту не закінчиться.

– роботодавець не може звільнити працівника за власною ініціативою (крім випадків, коли працівник неодноразово ігнорує свої обов'язки);

– контракт регулює не тільки терміни, а й умови його розірвання в односторонньому порядку. Ці умови прописуються в контракті, і звільнити працівника за іншими підстави роботодавець не має права;

– у контракті зазначається розмір компенсації, яку сторона, яка бажає його розірвати, повинна виплатити іншій стороні

як компенсацію за невиконання умов контракту (у трудовому договорі розмір компенсаційних виплат регулюється нормами діючого законодавства);

– у контракті вказується сума матеріальної відповідальності працівника у разі заподіяння шкоди роботодавцю (у трудовому договорі розмір матеріальної відповідальності визначається положеннями КЗпП);

– заходи стимулювання працівників включають грошові виплати (у трудовому договорі такі положення не зазначаються і застосовуються роботодавцем винятково з його ініціативи).

Висновок.

Врегулювання нинішнього нестабільного ринку праці і, головне, безпека працівника, зменшення травматизму, поліпшення становища працівника і компанії, згідно із законодавством України про працю повинні бути в пріоритеті для всіх підприємств і компаній. Кадрова програма підприємств має бути спрямована на забезпечення відповідного рівня кваліфікації працівників через розвиток персоналу, його підготовку та навчання безпечних методів роботи, зменшення плинності кадрів.

Гарантією створення безпечних умов праці на робочих місцях може стати правильно організоване оформлення трудових відносин. Підміна трудового договору цивільно-правовим становить певну небезпеку для виконання робіт підвищеної небезпеки.

Сучасна культура праці вимагає від працівників особистої відповідальності за свою роботу, захист від виробничих ризиків.

Форма залучення виконавців (ФОПів, підрядників) за ЦПД гарантує організаціям (підприємствам, установам) спрощену систему оподаткування, а виконавцям – вільний графік і можливість вибору місця виконання робіт. Однак за такого способу співпраці виконавці позбавлені соціальних гарантій (права на обідню перерву, вихідні, відпустку, лікарняні тощо). Також, у деяких випадках, форма співпраці за цивільно-правовим договором кваліфікується як «приховування трудових відносин» і в такому разі, на організацію (підприємство, установу) накладаються значні штрафи.

Що стосується Гіг-контракту – це особлива форма залучення гіг-спеціалістів, що поєднала в собі ознаки трудового та цивільно-правового договорів. При цьому гіг-спеціалістів не приймають у штат, а лише залучають до виконання конкретних проектів на певний термін, протягом якого вони виконують поставлені завдання. На відміну від виконавців за ЦПД, гіг-спеціаліст не повинен проходити процедури реєстрації, ставати на облік у податковій інспекції, звітувати про отримані прибутки. Критерії для набуття статусу гіг-спеціаліста законодавством не встановлені.

Оформлення працівника за договором підряду (контракту) найчастіше накладає обмеження саме на працівника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GOV.UA : Верховна Рада України. Офіційний вебпортал парламенту України. Законодавство України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення: 01.06.2022).
2. Коновалов А. Договір подряду – «Ловушка» для подрядчика и заказчика. *Промислова безпека*. 2013. № 2. С. 28–31.
3. Єремій Г. Роботи підвищеної небезпеки за договором підряду заборонити не можна, – дозволити! *Промислова безпека*. 2013. № 2. С. 32–34.
4. Шайхлісламова І. А., Муха О. А. Дослідження особливостей роботи за договором підряду у вугільних шахтах. *Актуальні питання судової експертизи : матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (14 червня, 2017 р.)*. Дніпро : Мін-во юстиції України, ДНДІСЄ, 2017. С. 36–39.
5. Павлова І. Ю., Шайхлісламова І. А. Різниця між гіг-контрактом і договором підряду. *Наукова весна : XII Всеукр. наук.-техн. конф. аспірантів та молодих вчених (23-24.05.2022 р.)*. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2022. С. 10–14.

REFERENCES

1. GOV.UA : *Verkhovna Rada Ukrainy. Ofitsiynyy vebportal parlamentu Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy* [Verkhovna Rada of Ukraine. Official website of the Parliament of Ukraine. Legislation of Ukraine]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/> (Accessed : 01.06.2022). (in Ukrainian).
2. Konovalov A. *Dogovor podryada – “Lovushka” dlya podryadchika i zakazchika* [Contractor's Agreement – “Trap” for Contractor and Customer]. *Promyslova bezpeka* [Industrial Safety]. 2013, no. 2, pp. 28–31. (in Russian).
3. Yeremii H. *Roboty pidvyshchenoi nebezpeky za dohovorom pidriadu zaboronyty ne mozna, – dozvoloty!* [Increased risk works under the contract cannot be forbidden – it is allowed!]. *Promyslova bezpeka* [Industrial Safety]. 2013, no. 2, pp. 32–34. (in Ukrainian).
4. Shaykhilsamova I.A. and Mukha O.A. *Doslidzhennia osoblyvostei roboty za dohovorom pidriadu u vuhilnykh shakhtakh* [Research of peculiarities of work under the contract of contract in coal mines]. *Aktualni pytannia sudovoi ekspertyzy : materialy vseukrainskoi nauk.-prak. konf. (14 chervnia, 2017 r.)* [Actualities of judicial expertise : proceedings of all-Ukrainian scientific-expertise conference (June 14, 2017)]. Dnipro : Ministry of Justice of Ukraine, 2017, pp. 36–39. (in Ukrainian).
5. Pavlova I.Yu. and Shaykhilsamova I.A. *Riznytsia mizh hih-kontraktom i dohovorom pidriadu* [Distinction between heg-contract and contract for work]. *Naukova vesna : XII Vseukrainska naukovo-tekhnichna konferentsiia aspirantiv ta molodykh vchenykh* [Scientific Spring : XII All-Ukrainian scientific and technical conference of aspirants and young scientists]. 23–24.05.2022, Dnipro : Dnipro University of Technology, 2022, pp. 10–14. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 29.08.2022.

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, 49600, Україна, м. Дніпро,
кімната 501 (відповідальний секретар)

☎ +38(050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Підписано до друку 01.11.2022 р. Формат 60×84 1/8.

Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 7,31. Умовн. фарб.-відб. арк. 7,31.

Обл.-видавн. арк. 14,62. Наклад 50 прим. Зам. 193

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, 49600, Ukraine

☎ +38 (050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Sent to press on 01 November 2022. Format 60×84 1/8.

Digital printing. Conventional quire 7,31. Conventional colour imprints 7,31.

Publisher's signatures 14,62. Number of copies 50. Order 193