

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

**ВІСНИК
ПРИДНІПРОВСЬКОЇ
ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у травні 1997 року

**№ 6 (271-272)
листопад – грудень 2020**

Дніпро 2020

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор	М. В. Савицький, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро
Заступник головного редактора	В. В. Данішевський, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро
Відповідальний секретар	О. А. Тимошенко, к-т техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро
Видавничий редактор	О. А. Тимошенко, к-т техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

А. С. Беліков, д-р техн. наук, ДВНЗ 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, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. В. М. Волчук, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків. С. І. Губенко, д-р техн. наук, Національна металургійна академія України, Дніпро. В. М. Дерев'яно, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Ю. О. Кірічек, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, ДВНЗ 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, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Т. Д. Нікіфорова, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. В. І. Проскураков, д-р арх., Національний університет «Львівська політехніка», Львів. В. Л. Седін, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. В. В. Товбич, д-р арх., Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ. О. В. Харлан, к-т арх., ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. С. В. Шатов, д-р техн. наук, ДВНЗ 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 28.12.2019 № 1643.

Свідоцтво про Державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації – серія КВ № 22724-12624ПР – видане Міністерством юстиції України 4 травня 2017 р.

Засновник та видавець Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури».

Виходить 6 разів на рік.

Рекомендовано до друку вченою радою академії, протокол № 4 від 24.11.2020 р.

Сайт видання [http:// visnyk.pgasa.dp.ua](http://visnyk.pgasa.dp.ua)

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

Художній і технічний редактор С. Д. Моїсеєнко

Перекладач О. Л. Ляпічева

Редактор та коректор В. Д. Маловик

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«ПРИДНИПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

ВЕСТНИК

**ПРИДНИПРОВСКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в мае 1997 года

**№ 6 (271-272)
ноябрь – декабрь 2020**

Днепро 2020

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор	Н. В. Савицкий, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро
Заместитель главного редактора	В. В. Данишевский, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро
Ответственный секретарь	Е. А. Тимошенко, к-т техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро
Выпускающий редактор	Е. А. Тимошенко, к-т техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

А. С. Беликов, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. Н. Н. Беляев, д-р техн. наук, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепро. В. И. Большаков, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. В. Н. Волчук, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков. С. И. Губенко, д-р техн. наук, Национальная металлургическая академия Украины, Днепро. В. Н. Деревянко, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. Ю. А. Киричек, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. Т. С. Кравчуновская, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. Ю. И. Криворучко, д-р арх., Национальный университет «Львовская политехника», Львов. А. А. Лапшин, д-р техн. наук, Криворожский национальный университет, Кривой Рог. В. П. Мироненко, д-р арх., Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков. Н. Н. Налисько, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. Т. Д. Никифорова, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. В. И. Проскуряков, д-р арх., Национальный университет «Львовская политехника», Львов. В. Л. Седин, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. В. В. Товбыч, д-р арх., Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев. А. В. Харлан, к-т арх., ГВУЗ ПГАСА, Днепро. С. В. Шатов, д-р техн. наук, ГВУЗ ПГАСА, Днепро. Эдит Барна, к-т техн. наук, Будапештский технико-экономический университет, Будапешт (Венгрия). Анна Бач, д-р арх., Вроцлавский университет, Вроцлав (Польша). Александрс Корякинс, д-р техн. наук, Рижский технический университет, Рига (Латвия). В. И. Куксенко, к-т техн. наук, Управление атомной энергетики Великобритании, Оксфорд (Великобритания). Богуслав Подхалаянский, д-р арх., Краковский политехнический институт имени Тадеуша Костюшко, Краков (Польша).

Научно-практический журнал входит	в Перечень научных профессиональных изданий Украины (категория «Б»), в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на получение ученых степеней доктора и кандидата технических наук и архитектуры по специальностям 132, 191, 192, 194, 263 в соответствии с приказом Министерства образования и науки Украины от 28.12.2019 № 1643.
Свидетельство о Госрегистрации	печатного средства массовой информации – серия КВ № 22724-12624ПР – выдано Министерством юстиции Украины 4 мая 2017 г.
Основатель и издатель	Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры».
	Выходит 6 раз в год.
Рекомендовано к печати	ученым советом академии, протокол № 4 от 24.11.2020 г.
Сайт издания	http://visnyk.pgasa.dp.ua
Наукометрические базы и электронные библиотеки, в которых зарегистрирован научно-практический журнал	Информационно-аналитические системы: РИНЦ (eLibrary), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). Электронные библиотеки и поисковые системы: Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Национальная библиотека Украины им. В. И. Вернадского.

Художественный и технический редактор С. Д. Моисеенко
Переводчик Е. Л. Ляпичева
Редактор и корректор В. Д. Маловик

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

**STATE HIGHER EDUCATION INSTITUTION
“PRYDNIPROVSKA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE”**

BULLETIN

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

SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

Established in May, 1997

№ 6 (271-272)
November – December 2020

Dnipro 2020

EDITORIAL STAFF:

<i>Chief Editor</i>	M. V. Savytskyi, Doctor of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>
<i>Deputy Chief Editor</i>	V. V. Danishevskyy, Doctor of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>
<i>Executive Secretary</i>	O. A. Tymoshenko, Candidate of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>
<i>Executive Editor</i>	O. A. Tymoshenko, Candidate of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>

MEMBERS OF EDITORIAL STAFF:

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

Scientific-Practical Journal is included in	List of scientific professional publications of Ukraine (category "B"), where the results of dissertations for the degree of Doctor and Candidate of Engineering Sciences and Architecture (by specialty 132, 191, 192, 194, 263) can be published according to the Resolution of the Ministry of Science and Education of Ukraine No. 1643 dated 28.12.2019.
Certificate of State Registration	of the Print Media – Series KV No. 22724-12624PR – issued by the Ministry of Justice of Ukraine dated May 04, 2017.
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. 4 from 24.11.2020
Journal website	http:// visnyk.pgasa.dp.ua
Placement of the scientific-practical journal in the international scientometric databases and e-libraries	Information and analytical systems: RSCI (Russian Science Citation Index), InfoBase Index (IBI Factor = 3.96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). <i>Electronic Libraries and search engines:</i> Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Vernadsky National Library of Ukraine. <i>Art & Technical Editor</i> S. D. Moiseienko <i>Translator</i> O. L. Liapicheva <i>Editor & Proofreader</i> V. D. Malovyk

У ЦЬОМУ НОМЕРІ

Березуцький В. В., Хондак І. І. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ УТВОРЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО АЕРОЗОЛЮ ПІД ЧАС ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОДІВ З ОСНОВНИМ, РУТИЛОВИМ ТА РУТИЛОВО-ЦЕЛЮЛОЗНИМ ПОКРИТТЯМ	10
Беліков А. С., Матухно О. В., Сибір А. В. БЕЗПЕЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПІД ЧАС ДЕМОНТАЖІВ ПІДКРАНОВИХ БАЛОК В УМОВАХ ДІЮЧИХ ЦЕХІВ З УРАХУВАННЯМ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ	29
Беліков А. С., Папірник Р. Б., Пилипенко О. В., Рибалка К. А. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЖИТЛОВОМУ МАСИВІ ПЕРЕМОГА-6, м. ДНІПРО	38
Бегічев С. В., Ішутіна Г. С. ОБГРУНТУВАННЯ СУПРОВОДЖУ МІСТОБУДІВНИХ ПРОЄКТІВ КОМПЛЕКСОМ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДВОДІВ ПІД ЗАБУДОВУ	46
Біляєв М. М., Берлов О. В., Біляєва В. В., Чередниченко Л. А. ОЦІНКА РИЗИКУ ТЕРМІЧНОГО УРАЖЕННЯ У ВИПАДКУ АВАРІЙНОГО ГОРІННЯ	54
Гармаш С. М., Плис М. М., Герасименко В. О., Шаталін Д. Б. СУЧАСНИЙ СТАН ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В ГАЛУЗІ ХІМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	61
Гуліда Е. М., Козак Я. Я. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКАХ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ	69
Гунченко О. М. РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ КЕРУВАННЯ РИЗИКАМИ НЕБЕЗПЕК ТА МОЖЛИВОСТЕЙ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ НА ВИСОТІ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ	76
Данова К. В., Хворост М. В., Малишева В. В. АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ПРАЦІВНИКА З ІНВАЛІДНІСТЮ ЗА КРИТЕРІЯМИ ОБМЕЖЕНЬ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	87
Діденко Л. М., Клименко Г. О., Богуш Є. В., Бабич О. С. АНАЛІЗ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ	95
Ковальова А. В., Кравченко М. В., Клімова І. В. ВПЛИВ ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ВНАСЛІДОК КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ СОЦІАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	104
Колосюк В. П., Чебенко В. М., Колосюк А. В., Бредун Ю. М. РОЛЬ ТА РІВЕНЬ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЗАХИСНОГО ВИМКНЕННЯ НАПРУГИ У ЗНИЖЕННІ РИЗИКУ ЕЛЕКТРОТРАВМУВАННЯ ЛЮДЕЙ	111
Кузьменко О. М., Дікарев К. Б., Шехоркіна С. Є., Яблонська М. П. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТА ВЛАШТУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО КОНТУРУ ТЕПЛОВОГО НАСОСА	119
Мітіна Н. Б., Малиновська Н. В., Воробйова Л. О., Шаталін Д. Б. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ У ВИПАДКУ ПОЖЕЖІ	127
Самосієнко Я. Б., Налісько М. М., Тимошенко О. А., Чернета В. М. ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ПОЛПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ	133
Сологубова С. В., Шиян В. М., Лахно О. Г., Швець І. А., Гіркїна Д. Д. ВПЛИВ ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ ІЗ ФІТНЕСУ В ПЕРІОД КАРАНТИНУ НА ФІЗИЧНИЙ СТАН СТУДЕНТОК ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ	139
Шаломов В. А., Стрежекуров Е. Є., Рагімов С. Ю., Приходченко В. І. ДО ПИТАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ, ВИПРОБУВАННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ ДСНС УКРАЇНИ	148
Шехоркіна С. Є. МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕРЕВОЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДЕНОГО ПЕРЕРІЗУ	156

В ЭТОМ НОМЕРЕ

Березуцкий В. В., Хондак И. И. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СВАРОЧНОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДОВ С ОСНОВНЫМ, РУТИЛОВЫМ И РУТИЛОВО- ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМ ПОКРЫТИЕМ.....	10
Беликов А. С., Матухно Е. В., Сибирь А. В. БЕЗОПАСНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЦЕХОВ С УЧЕТОМ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА.....	29
Беликов А. С., Папирный Р. Б., Пилипенко А. В., Рыбалка Е. А. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЖИЛОМ МАССИВЕ ПОБЕДА-6, г. ДНИПРО.....	38
Бегичев С. В., Ишутина А. С. ОБОСНОВАНИЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА КОМПЛЕКСОМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ОТВОДА ПОД ЗАСТРОЙКУ.....	46
Беляев Н. Н., Берлов А. В., Беляева В. В., Чередниченко Л. А. ОЦЕНКА РИСКА ТЕРМИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ В СЛУЧАЕ АВАРИЙНОГО ГОРЕНИЯ.....	54
Гармаш С. Н., Плис М. М., Герасименко В. А., Шаталин Д. Б. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	61
Гулида Э. Н., Козак Я. Я. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	69
Гунченко О. Н. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ОПАСНОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НА ВЫСОТЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....	76
Данова К. В., Хворост Н. В., Малышева В. В. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РАБОТНИКА С ИНВАЛИДНОСТЬЮ ПО КРИТЕРИЯМ ОГРАНИЧЕНИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	87
Диденко Л. М., Клименко Г. О., Богуш Е. В., Бабич А. С. АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ВО ВРЕМЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ.....	95
Ковалева А. В., Кравченко М. В., Климова И. В. ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	104
Колосюк В. П., Чебенко В. Н., Колосюк А. В., Бредун Ю. Н. РОЛЬ И УРОВЕНЬ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СНИЖЕНИИ РИСКА ЭЛЕКТРОТРАВМИРОВАНИЯ ЛЮДЕЙ.....	111
Кузьменко А. Н., Дикарев К. Б., Шехоркина С. Е., Яблонская М. П. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА УСТРОЙСТВА ВНЕШНЕГО КОНТУРА ТЕПЛООВОГО НАСОСА.....	119
Митина Н. Б., Малиновская Н. В., Воробьева Л. А., Шаталин Д. Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПОЖАРЕ.....	127
Самосиенко Я. Б., Налисько Н. Н., Тимошенко Е. А., Чернета В. Н. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УКРАИНЕ.....	133
Сологубова С. В., Шиян В. М., Лахно Е. Г., Швец И. А., Гиркина Д. Д. ВЛИЯНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИТНЕСУ В ПЕРИОД КАРАНТИНА НА ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СТУДЕНТОК ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ.....	139
Шаломов В. А., Стрежекуров Э. Е., Рагимов С. Ю., Приходченко В. И. К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ, ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ ГСЧС УКРАИНЫ.....	148
Шехоркина С. Е. МЕТОД ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ СОСТАВНОГО СЕЧЕНИЯ.....	156

INSIDE

Berezutskyi V.V., Hondak I. I. STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE FORMATION OF WELDING AEROSOL IN ELECTRIC ARC WELDING USING ELECTRODES WITH BASIC, RUTHYL AND RUTHYL-CELLULOSE COATING.....	10
Belikov A.S., Matukhno O.V., Sybir A.V. SAFE ORGANIZATION OF WORK ON DISASSEMBLING CRANE STRUCTURES WITH REGARD RISK-ORIENTED APPROACH.....	29
Belikov A.S., Papirnyk R.B., Pylypenko O.V., Rybalka K.A. RESEARCH OF REGULATED RADIATION PARAMETERS ON THE RESIDENTIAL PEREMOHA-6, DNIPRO.....	38
Biehichev S.V., Ishutina H.S. SUBSTANTIATION OF MAINTENANCE OF URBAN PLANNING PROJECTS BY A COMPLEX OF SCIENTIFIC RESEARCHES OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF LAND DRAINS UNDER CONTRACT.....	46
Biliaiev M.M., Berlov O.V., Biliaieva V.V., Cherednychenko L.A. RISK ASSESSMENT OF THERMAL DAMAGE IN THE EVENT OF EMERGENCY BURNING.....	54
Garmash S.N., Plis M.M., Gerasimenko V.A., Shatalin D.B. THE CURRENT STATE OF NATIONAL SYSTEM OF NORMATIVE REGULATION IN THE FIELD OF CHEMICAL SAFETY.....	61
Gulida E.M., Kozak Ya.Ya. FIRE SAFETY IN TANKS OF OIL AND OIL PRODUCTS STORAGE.....	69
Hunchenko O.M. DEVELOPMENT OF PROCEDURE FOR RISK MANAGEMENT OF HAZARDS AND OPPORTUNITIES FOR WORKS AT HEIGHT IN CONSTRUCTION INDUSTRY.....	76
Danova K.V., Khvorost M.V., Malysheva V.V. EMPLOYEE RELIABILITY ANALYSIS BY CRITERIA OF LIFE ACTIVITIES LIMITATIONS.....	87
Didenko L.M., Klymenko H.O., Bogush Yev.V., Babych O.S. ANALYSIS OF PROFESSIONAL RISKS DURING RECONSTRUCTION OF ENGINEERING NETWORKS.....	95
Kovaliova A.V., Kravchenko M.V., Klimova I.V. INFLUENCE OF INCREASING TEMPERATURE AND POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR OF THE CITY ENVIRONMENT AS A RESULT OF CLIMATIC CHANGES ON THE HEALTH OF WORKERS OF SOCIAL INFRASTRUCTURE.....	104
Kolosyuk V.P., Chebenko V.M., Kolosyuk A.V., Bredun Yu.M. JUSTIFICATION OF THE ROLE AND RELIABILITY OF SYSTEMS OF PROTECTIVE DISCONNECTION OF VOLTAGE TO DETERMINE THE ACCEPTED RISK OF ELECTRIC INJURY.....	111
Kuzmenko A.N., Dikarev K.B., Shekhorkina S.Yev., Yablonska M.P. RATIONAL INSTALLATION CHOICE OF HEAT PUMP OUTER DUCT.....	119
Mitina N.B., Malinovskaya N.V., Vorobiova L.O., Shatalin D.B. INVESTIGATION OF FIRE EVACUATION MEASURES.....	127
Samoseenko Ya.B., Nalisko M. M., Tymoshenko O.A., Cherneta V.M. CHALLENGES AND WAYS TO IMPROVE ECOLOGICAL SAFETY IN UKRAINE.....	133
Solohubova S.V., Shyyan V.M., Lakhno O.G., Shvets I.A., Hirkina D.D. THE IMPACT OF DISTANCE FITNESS CLASSES DURING THE QUARANTINE PERIOD ON THE PHYSICAL CONDITION OF STUDENTS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF TECHNICAL PROFILE.....	139
Shalomov V.A., Strezhekurov Yev.E., Ragimov S.Yu., Prikhodchenko V.I. IN RELATION TO QUESTION OF DEVELOPMENT OF CONTROLS, TEST OF HEATCOVER MATERIALS, FOR DEFENCE OF WORKERS OF DSNS OF UKRAINE.....	148
Shekhorkina S.Yev. METHOD OF ASSESSMENT OF STRESS-STRAIN STATE OF TIMBER-REINFORCED CONCRETE STRUCTURE WITH COMPLEX CROSS SECTION.....	156

УДК 6.67.672

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.10.694

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ УТВОРЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО АЕРОЗОЛЮ ПІД ЧАС ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОДІВ З ОСНОВНИМ, РУТИЛОВИМ ТА РУТИЛОВО-ЦЕЛЮЛОЗНИМ ПОКРИТТЯМ

БЕРЕЗУЦЬКИЙ В. В.¹, докт. техн. наук, проф.,
ХОНДАК І. І.^{2*}, ст. виклад.

¹ Кафедра безпеки праці та навколишнього середовища, Державний вищий навчальний заклад «Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»», вул. Кирпичова, 2, 61002, Харків, Україна, e-mail: viaberezuc@gmail.com, тел. +38 (097) 943-61-60, ORCID ID: 0000-0002-7318-1039

^{2*} Кафедра охорони праці, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний університет радіоелектроніки», пр. Науки, 14, 61166, Харків, Україна, тел. +38 (099) 778-44-35, e-mail: Inna.hondak@nure.ua, ORCID ID: 0000-0001-6644-9968

Анотація. *Постановка проблеми.* Електродугове зварювання характеризується значною кількістю шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що спричинюють розвиток професійних захворювань зварювальника, тому створення безпечних умов праці – найважливіше завдання будь-якого виробництва. Безпека зварювальних робіт цілком залежить від рівня професійної майстерності, знань і умінь виконання їх зварником. *Мета статті* – дослідити режими роботи електрозварювального апарата і визначити найменш небезпечні з них з точки зору виділення зварювального аерозолю залежно від струму і часу процесу зварювання для трьох основних груп електродів, які застосовуються в технологіях зварювання. *Висновки.* Наведено аналіз результатів дослідження на ділянці зварювання з використанням електродів із різним типом покриття. Проаналізовано шкідливі чинники, які виникають під час застосування різного виду зварювальних технологій. Досліджено зміни концентрацій зварювального аерозолю, які утворюються під час ручного електродугового зварювання та використання електродів з основним типом покриття, рутиловим та рутилово-целюлозним. Визначено математичні залежності процесів утворення зварювального аерозолю (ЗА) за допомогою повного факторного експерименту типу ПФЕ-2². Дослідження проводилися в лабораторії зварювання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», на робочому місці зварювальника, де встановлено вентиляцію у вигляді зонта, в якому є вісім отворів у формі рівностороннього трикутника, розміром сторін 5 × 20 × 20. Установлено характер розповсюдження зварювального аерозолю, який може бути причиною захворювань зварювальників. Проаналізовано режими роботи електрозварювального апарата і визначено найменш небезпечні з них залежно від струму і часу процесу зварювання щодо трьох основних груп електродів, які застосовуються в технологіях зварювання. Досліджено залежність концентрації зварювального аерозолю від часу у разі використання електродів з основним типом покриття із застосуванням витяжної вентиляції, без вентиляції та одночасно з вентиляцією і пиლოსосом. Розглянуто необхідність вибору електродів із меншою кількістю викидів зварювального аерозолю у повітря робочої зони. Оцінено ефективність витяжної вентиляції на ділянці зварювання та одночасно використання витяжної вентиляції з пиловсмоктувачем і зроблено висновки, що використання тільки витяжної вентиляції не може забезпечити припустимий рівень забруднень у робочій зоні зварювання та у приміщенні.

Ключові слова: електродугове зварювання; електроди; зварювальний аерозоль; забруднення; вентиляція; робоча зона; концентрація; шкідливі чинники

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СВАРОЧНОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДОВ С ОСНОВНЫМ, РУТИЛОВЫМ И РУТИЛОВО-ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМ ПОКРЫТИЕМ

БЕРЕЗУЦЬКИЙ В. В.¹, докт. техн. наук, проф.
ХОНДАК И. И.^{2*}, ст. препод.

¹ Кафедра безопасности труда и окружающей среды, Государственное высшее учебное заведение «Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»», ул. Кирпичева, 2, 61002, Харьков, Украина, e-mail: viaberezuc@gmail.com, тел.+38 (097) 943-61-60, ORCID ID: 0000-0002-7318-1039

^{2*} Кафедра охраны труда, Государственное высшее учебное заведение «Харьковский национальный университет радиоэлектроники», пр. Науки, 14, 61166, Харьков, Украина, тел. +38 (099) 778-44-35, e-mail: Inna.hondak@nure.ua, ORCID ID: 0000-0001-6644-9968

Аннотация. Постановка проблемы. Электродуговая сварка характеризуется значительным количеством вредных и опасных производственных факторов, приводящих к развитию профессиональных заболеваний сварщика, поэтому создание безопасных условий труда – важнейшая задача любого производства. Безопасность сварочных работ полностью зависит от уровня профессионального мастерства, знаний и умений выполнения их сварщиком. **Цель статьи** – исследовать режимы работы электросварочного аппарата и определить наименее опасные из них с точки зрения выделения сварочного аэрозоля в зависимости от тока и времени процесса сварки для трех основных групп электродов, применяемых в технологиях сварки. **Выводы.** Приведен анализ результатов исследования на участке сварки при использовании электродов с различным типом покрытия. Проанализированы вредные факторы, возникающие при применении различного вида сварочных технологий. Исследованы изменения концентраций сварочного аэрозоля, которые образуются при ручной электродуговой сварке и использовании электродов с основным типом покрытия, рутиловым и рутилово-целлюлозным. Определены математические зависимости процессов образования сварочного аэрозоля (СА) с помощью полного факторного эксперимента типа ПФЭ-2². Исследования проводились в лаборатории сварки Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», на рабочем месте сварщика, где установлена вентиляция в виде зонта, в котором есть восемь отверстий в форме равностороннего треугольника, размером сторон 5 × 20 × 20. Установлен характер распространения сварочного аэрозоля, который может быть причиной заболеваний сварщиков. Проанализированы режимы работы электросварочного аппарата и определены наименее опасные из них в зависимости от тока и времени процесса сварки для трех основных групп электродов, применяемых в технологиях сварки. Исследована зависимость концентрации сварочного аэрозоля от времени при использовании электродов с основным типом покрытия при использовании вытяжной вентиляции, без вентиляции и одновременно с вентиляцией и пылевсасывателем. Рассмотрена необходимость выбора электродов с меньшим количеством выбросов сварочного аэрозоля в воздух рабочей зоны. Проведена оценка эффективности вытяжной вентиляции на участке сварки и одновременно использования вытяжной вентиляции с пылевсасывателем и сделаны выводы, что использование только вытяжной вентиляции не может обеспечить допустимый уровень загрязнений в рабочей зоне сварки и в помещении.

Ключевые слова: электродуговая сварка; электроды; сварочный аэрозоль; загрязнения; вентиляция; рабочая зона; концентрация; вредные факторы

STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE FORMATION OF WELDING AEROSOL IN ELECTRIC ARC WELDING USING ELECTRODES WITH BASIC, RUTHYL AND RUTHYL-CELLULOSE COATING

BEREZUTSKYI V.V.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
HONDAK I.I.^{2*}, *Assist. Prof.*

¹ Department “Labor and Environment Safety”, State Higher Education Institution “National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, 2, Кирпичова Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (097) 943-61-60, e-mail: viaberezuc@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6644-9968

² Department of Occupational Safety, State Higher Education Institution “Kharkiv National University of Radio Electronics”, 14, Nauky Ave., 61166, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (099) 778-44-35, e-mail: Inna.hondak@nure.ua, ORCID ID: 0000-0002-7318-1039

Abstract. Problem statement. Electric arc welding is characterized by a significant number of harmful and hazardous production factors that lead to the development of occupational diseases of the welder, therefore the most important task of any production is the creation of safe working conditions. The safety of welding works entirely depends on the level of professional skill, knowledge and skills of their performance by the welder. **The purpose of the article** is to study the operating modes of an electric welding machine and determine the least dangerous of them from the point of view of the emission of welding aerosol, depending on the current and time of the welding process for three main groups of electrodes used in welding technologies. **Conclusions.** The analysis of the research results at the welding site when using electrodes with various types of coating provides in article. The harmful factors arising from the use of various types of welding technologies are analyzed. Changes in the concentration of welding aerosol, which are formed during manual electric arc welding and the use of electrodes with the main type of coating, rutile and rutile-cellulose, have been investigated. The mathematical dependences of the processes of formation of welding aerosol (SA) were determined using a full factorial experiment of the FFE-2² type. The studies were carried out in the welding laboratory of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the welder's workplace where

ventilation is installed in the form of an umbrella in which there are 8 holes in the form of an equilateral triangle, with a side size of $5 \times 20 \times 20$. The nature of the propagation of welding aerosol, which can cause diseases of welders, has been established. The modes of operation of the electric welding machine are analyzed and the least dangerous of them are determined depending on the current and time of the welding process for three main groups of electrodes that used in welding technologies. The dependence of the concentration of the welding aerosol on time was studied when using electrodes with the main type of coating when using ventilation, without ventilation and simultaneously with ventilation and the vacuum cleaner. The necessity of choosing electrodes with a smaller amount of welding aerosol emissions into the air of the working area is considered. Evaluation of the efficiency of exhaust ventilation at the welding site and at the same time the use of exhaust ventilation with a dust collector was carried out, and it was concluded that the use of only exhaust ventilation cannot provide an acceptable level of contamination in the air of workplaces and indoors.

Keywords: *electric arc welding; electrodes; welding aerosol; pollution; ventilation; working area; concentration; harmful factors*

Постановка проблеми. Один з основних технологічних процесів у машинобудівній промисловості – це електродугове зварювання та інші споріднені технології, що характеризуються значною кількістю шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що викликають розвиток професійних захворювань робітників зварювальних професій [1]. Тому створення безпечних умов праці – найважливіше завдання будь-якого виробництва. Безпека зварювальних робіт цілком залежить від рівня професійної майстерності, знань і умінь виконання їх зварником [2].

Аналіз досліджень та публікацій. У процесі електродугового зварювання забруднюється повітря виробничого середовища. Це відбувається за впливу на метал та матеріал електрода тепла дуги, плавлення та часткового випаровування. Під час застосування різного виду зварювальних технологій можуть виникати шкідливі чинники: підвищуватись рівень електромагнітних полів, з'являтися лазерне, ультрафіолетове, інфрачервоне, іонізуюче випромінювання, підвищуватись напруженість електростатичного поля, рівень шуму, ультразвук, запиленість і загазованість повітря робочої зони; можливі значні статичні навантаження на руки і плечовий пояс [3].

Основні шкідливі фактори процесу електродугового зварювання такі: зварювальний аерозоль (ЗА), що містить пил, пари і газы, наприклад, фтористі сполуки, оксид вуглецю, оксиди азоту, озон; ультрафіолетове випромінювання; бризки розплавленого металу. Склад пилу і газів, що утворюються під час зварювання,

залежить головним чином від складу електродних покриттів.

Хімічні речовини в повітряному середовищі на робочих місцях зварювальника можуть перевищувати ГДК навіть коли працює вентиляція [4; 5]. У зоні дихання зварювальника, який виконує ручні операції, вміст шкідливих компонентів зварювального аерозолю значно (в 7...10 раз) перевищує як фон, так і ГДК [6].

Використання витяжної вентиляції разом із припливно-витяжною дозволить знизити забруднення ЗА робочої зони зварювальника, а також виробничого середовища, але не повністю. Особливу увагу слід звернути на використання електродів із різним типом покриття, для цього необхідно проводити підготовку до процесу зварювання та вибирати електроди із меншою кількістю забруднювальних викидів ЗА у повітря робочої зони.

Результати досліджень рівнів виділень ЗА, виконаних у різних країнах, показують, що найбільші виділення аерозолю характерні для електродів із целюлозним покриттям. За ними йдуть електроди з покриттям основного типу [5; 7]. Електроди з рутиловим покриттям за рівнем виділення ЗА порівняно з електродами з целюлозним та основним покриттям характеризуються значно меншим виділенням аерозолю [7].

Для проведення більш детальних досліджень впливу електродів із різним типом покриття на стан робочої зони зварювальника та виробничого середовища виконано планування експерименту типу ПФЕ². Дослідження проводилися в лабораторії зварювання НТУ «ХП».

Характеристика робочої зони. У приміщенні лабораторії встановлено витяжну вентиляцію. На робочому місці зварника – зонт, у якому вісім отворів у формі рівностороннього трикутника, розміром $5 \times 20 \times 20$. Швидкість руху повітря біля входу 1,6 (1,5; 1,3) м/с. На робочому місці на відстані 20 см від отворів швидкість руху повітря складає 0,2 м/с. На інших робочих місцях 12 отворів у формі рівностороннього трикутника, розміром $3,5 \times 20 \times 20$. Швидкість руху повітря біля входу 1,7 (1,6; 1,9) м/с. На робочому місці на відстані 50 см від отворів швидкість руху повітря складає 0,2...0,3 м/с. Є зонт розміром 40×82 у формі прямокутника.

Мета досліджень – визначити вплив залежності між струмом і часом зварювання на утворення зварювального аерозолі в робочій зоні.

Завдання досліджень – дослідити режими роботи електрозварювального апарата і визначити найменш небезпечні з них залежно від струму і часу процесу зварювання для трьох основних груп електродів, які застосовуються в технологіях зварювання.

Електроди, використані в експерименті:

- з рутилово-целюлозним покриттям. E46 - MAX weld РЦ, E432(3) – РЦ 11;
- з рутиловим покриттям E 6013 Э46 – E60/13-d –УДЕ 431(3) –P21 ТЕКНМАНН
- з основним покриттям УОНИ-13/45 ПИОНЕР.

Методика дослідження. Основний рівень та інтервали варіювання (табл. 1) вибиралися на основі виконаного аналізу застосовуваних у даний час зварювальних процесів. Результати повного факторного експерименту типу 2^2 , реалізованого відповідно до матриці планування експерименту, наведені в таблицях 2–6.

Натуральні величини факторів під час проведення експерименту відповідно замінені кодованими їх значеннями. Відтворюваність дослідів перевірена шляхом постановки паралельних дослідів на основному рівні (табл. 2–6).

Таблиця 1

Основний рівень та інтервали варіювання

Рівні факторів	Фактори	
	Струм(I), А, (X ₁)	Час (t), с, (X ₂)
Основний рівень	150	180
Інтервали варіювання	50	120
Верхній рівень (+1)	200	300
Нижній рівень (-1)	100	60

Обладнання та прилади

Апарат електродугового зварювання, місцева витяжна вентиляція, пиловсмоктувач, ваги аналітичні ТВЕ-0,21-0,001, фільтри аналітичні АФА ВП 20.

Отримані результати дослідів занесені в таблиці 2–6.

Досліджено вміст зварювального аерозолі з рутилово-целюлозними електродами з використанням вентиляції (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця планування експерименту і результати досліджень вмісту зварювального аерозолі з рутилово-целюлозними електродами з використанням вентиляції

№ досліду (№ зразка)	X ₁	X ₂	Натуральні значення		Y ₁ , мг/м ³	Y ₂ , мг/м ³	Y ₃ , мг/м ³	\bar{Y} , мг/м ³	Y ² , мг/м ³
			I, А	t, с					
1 (№ 29)	+1	+1	150	300	2,03	1,99	2,06	2,03	4,1209
2 (№ 27)	-1	+1	100	300	1,05	1,07	1,09	1,07	1,1449
3 (№ 28)	+1	-1	150	60	1,04	1,05	0,99	1,03	1,0609
4 (№ 26)	-1	-1	100	60	1,02	0,95	1,07	1,01	1,0201
Σ								5,14	26,4196
0 (№ 30)	0	0	200	180	1,03	1,04	1,02	1,03	1,0609

На рисунку 1 показано зразки, отримані в ході експерименту з використанням електродів із рутилово-целюлозним

покриттям у процесі електродугового зварювання при вентиляції, яка працювала.

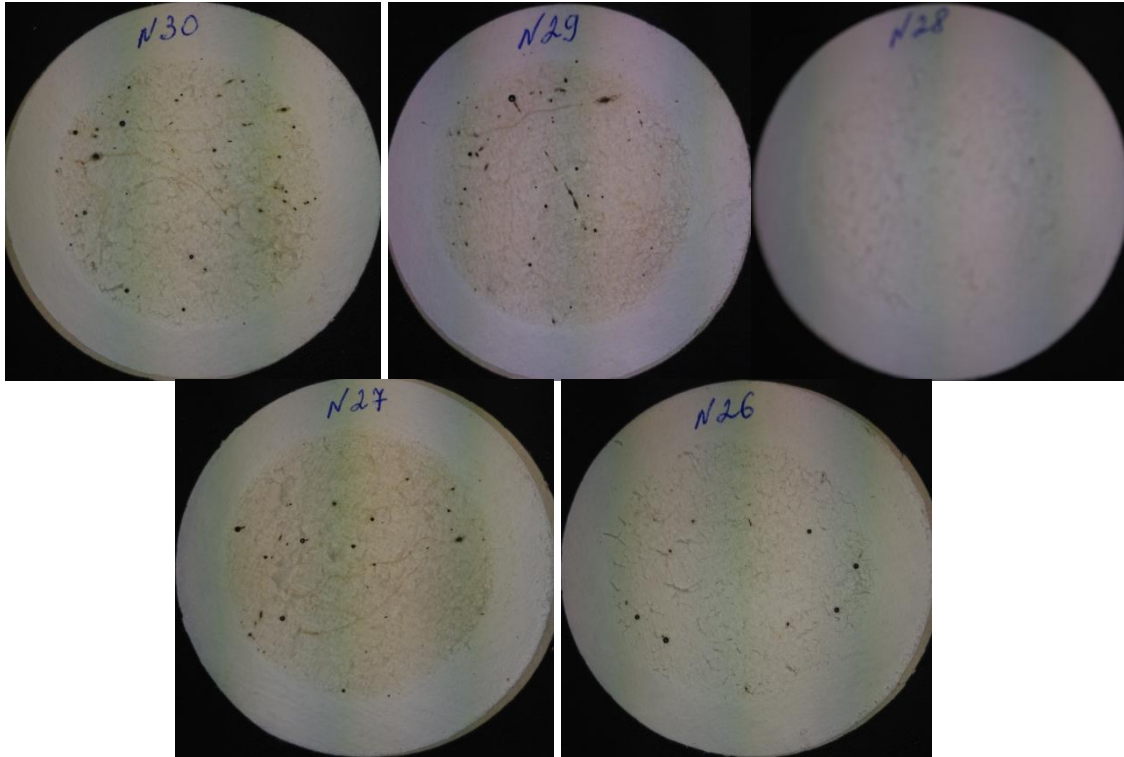
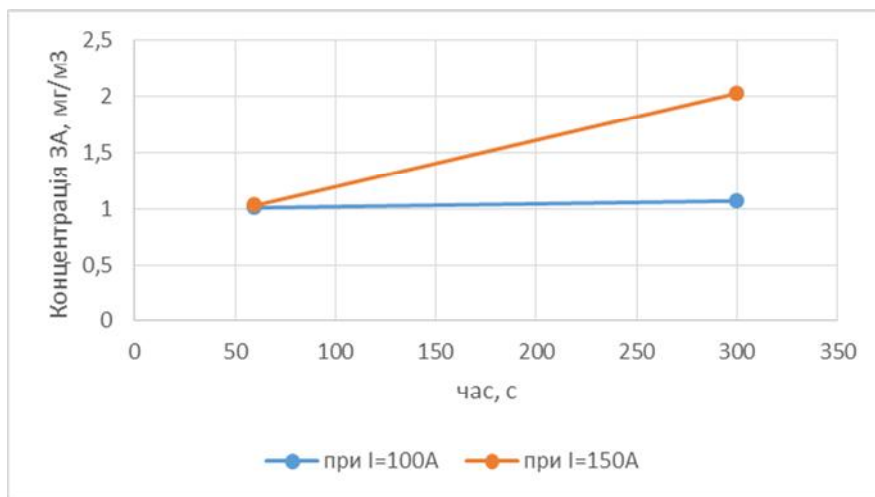
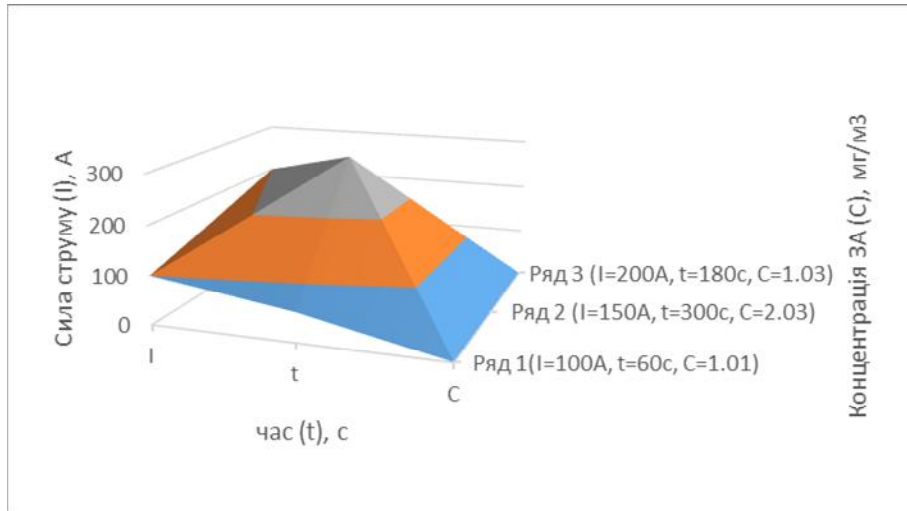


Рис. 1. Зразки фільтрів для використання електродів з рутилово-целюлозним покриттям в умовах працюючої вентиляції

За результатами досліджень, аерозолі від часу за використання наведеними в таблиці 2, побудовано графіки рутилово-целюлозних електродів з залежності концентрації зварювального вентиляцією, яка працює.



a



б

Рис. 2. Залежність концентрації зварювального аерозолю від часу за використання рутилово-целюлозних електродів і вентиляції (табл. 2): а) за $I = 100 \text{ A}$ і $I = 150 \text{ A}$; б) за $I = 100 \text{ A}, 150 \text{ A}, 200 \text{ A}$

Відтворюваність дослідів визначена за критерієм Кохрена [8], розрахункове значення якого дорівнює:

$$G_p = \frac{\max Y_i^2}{\sum_{i=1}^{n_0} Y_i^2} = \frac{4,1209}{26,4196} = 0,156 \quad (1)$$

Відповідно табличне значення критерію Кохрена при числі степенів вільності $f = k-1 = 1$ і рівня значущості $\alpha = 0,05$ дорівнює $G = 0,9985$ [8].

Оскільки розрахунковий критерій Кохрена не перевищує значення табличного, однорідність дисперсій підтверджується. Отже, досліди вважаються відтворюваними.

Математичну модель процесу запишемо у вигляді рівняння регресії:

$$\bar{Y} = \epsilon_0 X_0 + \epsilon_1 X_1 + \epsilon_2 X_2 + \epsilon_{12} X_1 X_2, \quad (2)$$

де ϵ_i – коефіцієнти рівняння регресії.

Коефіцієнти ϵ_i рівняння регресії розраховуються за формулами [8]:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N \bar{Y}_u ;$$

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N X_{iu} \bar{Y}_u , \quad (3)$$

де $i = 0, 1, 2, \dots, n$.

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m Y_{uk} , \quad (4)$$

де m – число паралельних дослідів.

$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N X_{iu} X_{ju} Y_u , \quad (5)$$

де $i = 1, 2 \dots n, \quad i \neq j$.

Розрахункові значення коефіцієнтів такі:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4} \sum_1^4 Y = 1/4(2,03 + 1,07 + 1,03 + 1,01) = 1,28; \quad (6)$$

$$\epsilon_1 = \frac{1}{4} \sum_1^4 Y_1 = 1/4(2,03 - 1,07 + 1,03 - 1,01) = 0,245; \quad (7)$$

$$\epsilon_2 = \frac{1}{4} \sum_1^4 Y_2 = 1/4(2,03 + 1,07 - 1,03 - 1,01) = 0,265; \quad (8)$$

$$\epsilon_3 = \frac{1}{4} \sum_1^4 Y_{12} = 1/4(2,03-1,07-1,03+1,01) = 0,235. \quad (9)$$

Математична модель процесу набуває такого вигляду:

$$\bar{Y} = 1,285 + 0,245 X_1 + 0,265 X_2 + 0,235 X_1 X_2. \quad (10)$$

Обчислимо значення \hat{Y} :

$$\hat{Y}_1 = 1,285 + 0,245(+1) + 0,265(+1) + 0,235(+1) = 2,03 \quad (11)$$

$$\hat{Y}_2 = 1,285 + 0,245(-1) + 0,265(+1) + 0,235(-1) = 1,07 \quad (12)$$

$$\hat{Y}_3 = 1,285 + 0,245(+1) + 0,265(-1) + 0,235(-1) = 1,03 \quad (13)$$

$$\hat{Y}_4 = 1,285 + 0,245(-1) + 0,265(-1) + 0,235(+1) = 1,01 \quad (14)$$

Вважається, що коефіцієнт регресії значимий, якщо виконується умова [8]:

$$t_{ip} > t_T. \quad (15)$$

Розрахункове значення t -критерію Стьюдента визначається за таким виразом:

$$t_{ip} = \frac{|e_i|}{S_{B_i}}, \quad (16)$$

де e_i – i -й коефіцієнт регресії.

$$S_{y_i}^2 = \frac{S_0^2}{N \cdot m}; \quad (17)$$

$$S_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^m (Y_i - \bar{Y}_0) = \frac{0,0025}{3} = 0,00083; \quad (18)$$

$$t_{ip} = \frac{1,285}{\sqrt{0,00083}} = 44,31.$$

Усі коефіцієнти рівняння регресії, які визначаються, задовольняють умовам значимості $t_{ip} > t_T$ ($f_y = N(m-1) = 4$, $\alpha = 0,05$) тому критичне значення критерію Стьюдента:

$$t_{0,05}(4) = 2,78 < t_{ip}. \quad (19)$$

Отже, всі коефіцієнти рівняння (10) – значимі.

Адекватність моделі оцінювали за допомогою F -критерію (критерію Фішера).

Отже, рівняння вважається адекватним і отриманий поліном цілком достовірно описує математичну залежність факторів, які входять до нього.

Відносна похибка вимірів не перевищує 3 %, що можна вважати допустимим у даних дослідженнях.

У таблиці 3 наведено матрицю планування експерименту і результати досліджень утворення зварювального аерозолі у разі зварювання рутіловими електродами з використанням вентиляції.

Таблиця 3

Матриця планування експерименту і результати досліджень вмісту зварювального аерозолі з рутіловими електродами з використанням вентиляції

№ досліду (№ зразка)	X1	X2	Натуральні значення		Y1, мг/м ³	Y2 мг/м ³	Y3 мг/м ³	\bar{Y} , мг/м ³	Y2, мг/м ³
			I, A	t, c					
1 (№ 24)	+1	+1	150	300	3,93	3,63	4,02	3,87	14,9769
2 (№ 20)	-1	+1	100	300	3,08	2,85	3,15	3,03	9,1809
3 (№ 21)	+1	-1	150	60	0,95	1,05	1,07	1,02	1,0404
4 (№ 19)	-1	-1	100	60	1,95	2,05	2,03	2,01	4,0401
Σ								9,93	98,6049
0 (№ 23)	0	0	200	180	2,02	1,95	2,16	2,04	4,1616

На рисунку 3 показано зразки, отримані в ході експерименту за використанням електродів з рутіловим покриттям у процесі

електродугового зварювання з вентиляцією, яка працює.

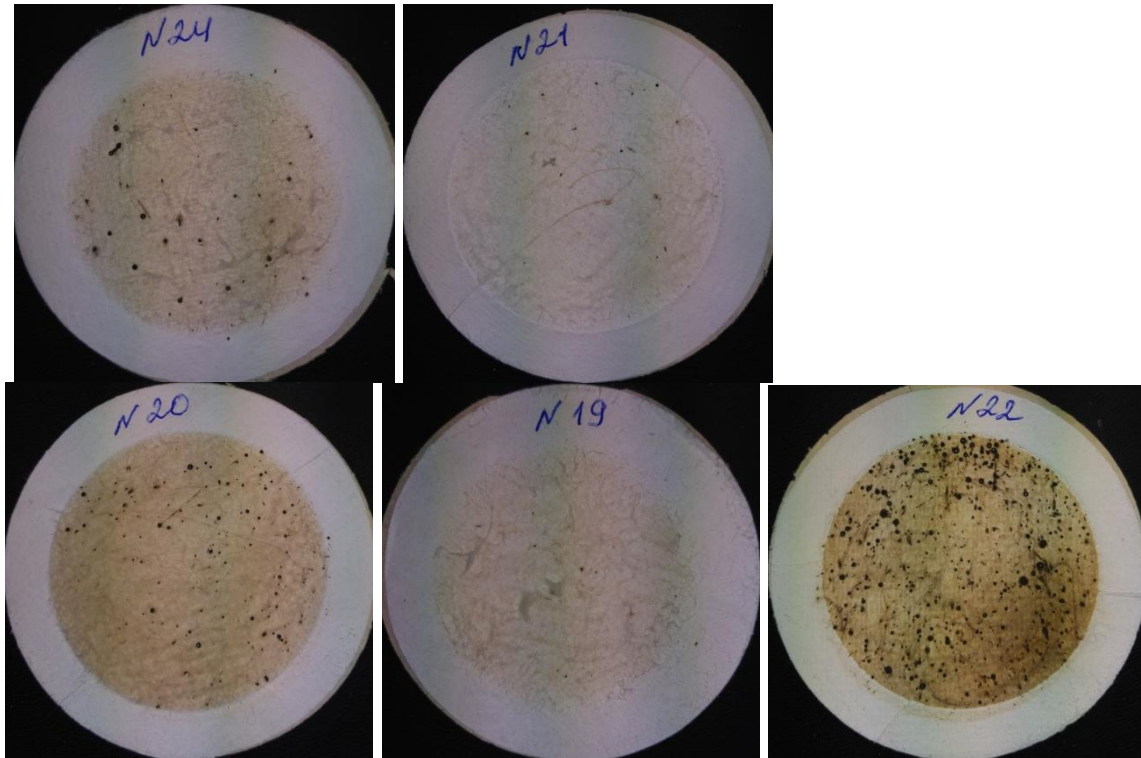


Рис. 3. Зразки фільтрів за використання електродів із рутиловим покриттям в умовах працюючої вентиляції (зразок № 22 отриманий ближче до місця зварювання на 10 см, ніж інші зразки за зварювання рутиловими електродами з вентиляцією, струм 150 А, час 300 с)

За результатами досліджень, наведеними в таблиці 3, побудовано графіки залежності концентрації зварювального аерозолі від часу за використання електродів із рутиловим покриттям в умовах працюючої вентиляції.

Математичну модель процесу зварювання рутиловими електродами з використанням вентиляції записуємо у вигляді рівняння регресії відповідно до рівнянь (2) – (5).

Розрахункові значення коефіцієнтів такі: $b_0 = 2,4825$; $b_1 = -0,0375$; $b_2 = 0,9675$; $b_{12} = 0,4575$.

Математична модель процесу зварювання з рутиловими електродами набуває вигляду:

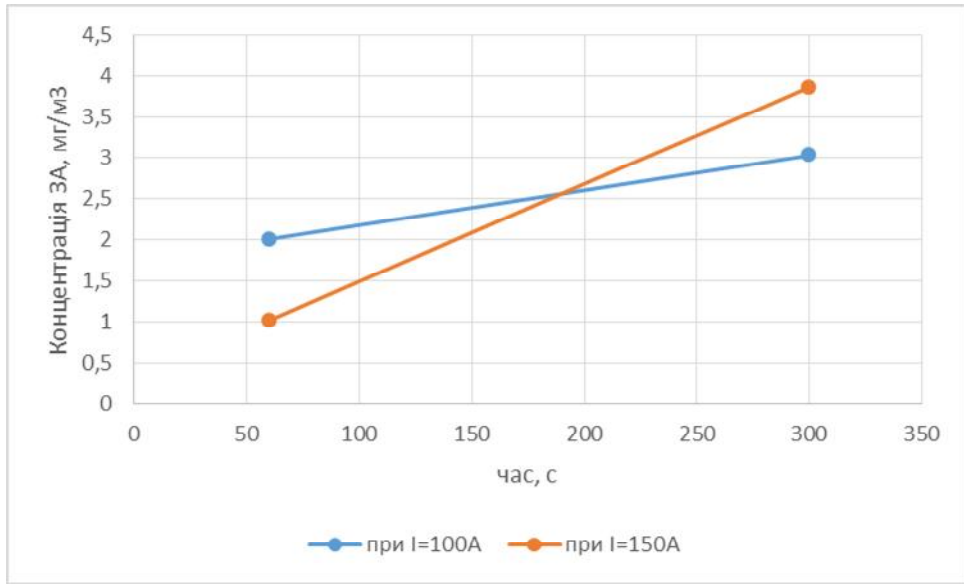
$$\bar{y} = 2,4825 - 0,0375X_1 + 0,9675X_2 + 0,4575X_1X_2 \quad (20)$$

Усі коефіцієнти рівняння регресії, які визначаються, задовольняють умовам значимості $t_{ip} > t_T$ ($f_y = N(m - 1) = 4$, $\alpha = 0,05$), тому критичне значення критерію Стьюдента:

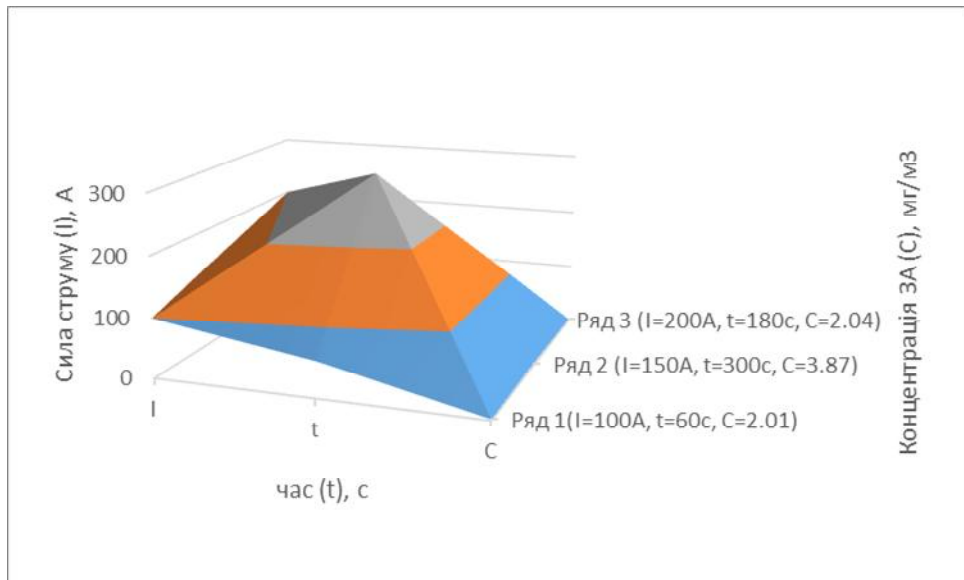
$$t_{0,05}(4) = 2,78 < t_{ip}. \quad (21)$$

Отже, усі коефіцієнти рівняння (20) значимі.

Відтворюваність дослідів утворення ЗА, отримана під час зварювання рутиловими електродами, визначена за критерієм Кохрена [8] показала, що розрахункове значення якого за формулою (1) дорівнює $G_p = 0,152$. Відповідно табличне значення критерію Кохрена при числі степенів свободи $f = k - 1 = 1$ і рівня значущості $\alpha = 0,05$ дорівнює $G = 0,9985$ [8].



а



б

Рис. 4. Залежність концентрації зварювального аерозолу від часу за використання рутильових електродів із вентиляцією, що працює (табл. 3): а) за $I = 100 \text{ A}$ і $I = 150 \text{ A}$, б) за $I = 100 \text{ A}$, 150 A , 200 A

Таблиця 4

Матриця планування експерименту і результати досліджень вмісту зварювального аерозолу з основними електродами з використанням вентиляції

№ досліду (№ зразка)	X_1	X_2	Натуральні значення		Y_1 , мг/м³	Y_2 , мг/м³	Y_3 , мг/м³	\bar{Y} , мг/м³	Y^2 , мг/м³
			I, A	t, c					
1 (№ 10)	+1	+1	150	300	4,10	3,50	4,45	4,02	16,1604
2 (№ 8)	-1	+1	100	300	3,35	3,41	3,52	3,43	11,7649
3 (№ 9)	+1	-1	150	60	2,37	2,51	1,28	2,05	4,2025
4 (№ 7)	-1	-1	100	60	1,05	1,03	0,98	1,02	1,0404
Σ								10,52	110,6704
0 (№ 11)	0	0	200	180	2,27	2,25	2,43	2,32	5,3824

Оскільки розрахунковий критерій Кохрена не перевищує значення табличного, однорідність дисперсій підтверджується. Отже, досліди вважаються відтворюваними.

У таблиці 4 наведено матрицю планування експерименту і результати досліджень утворення зварювального

аерозолі у разі зварювання основними електродами з вентиляцією.

На рисунку 5 показано зразки, отримані в ході експерименту з використанням електродів з основним покриттям у процесі електродугового зварювання за використання вентиляції.

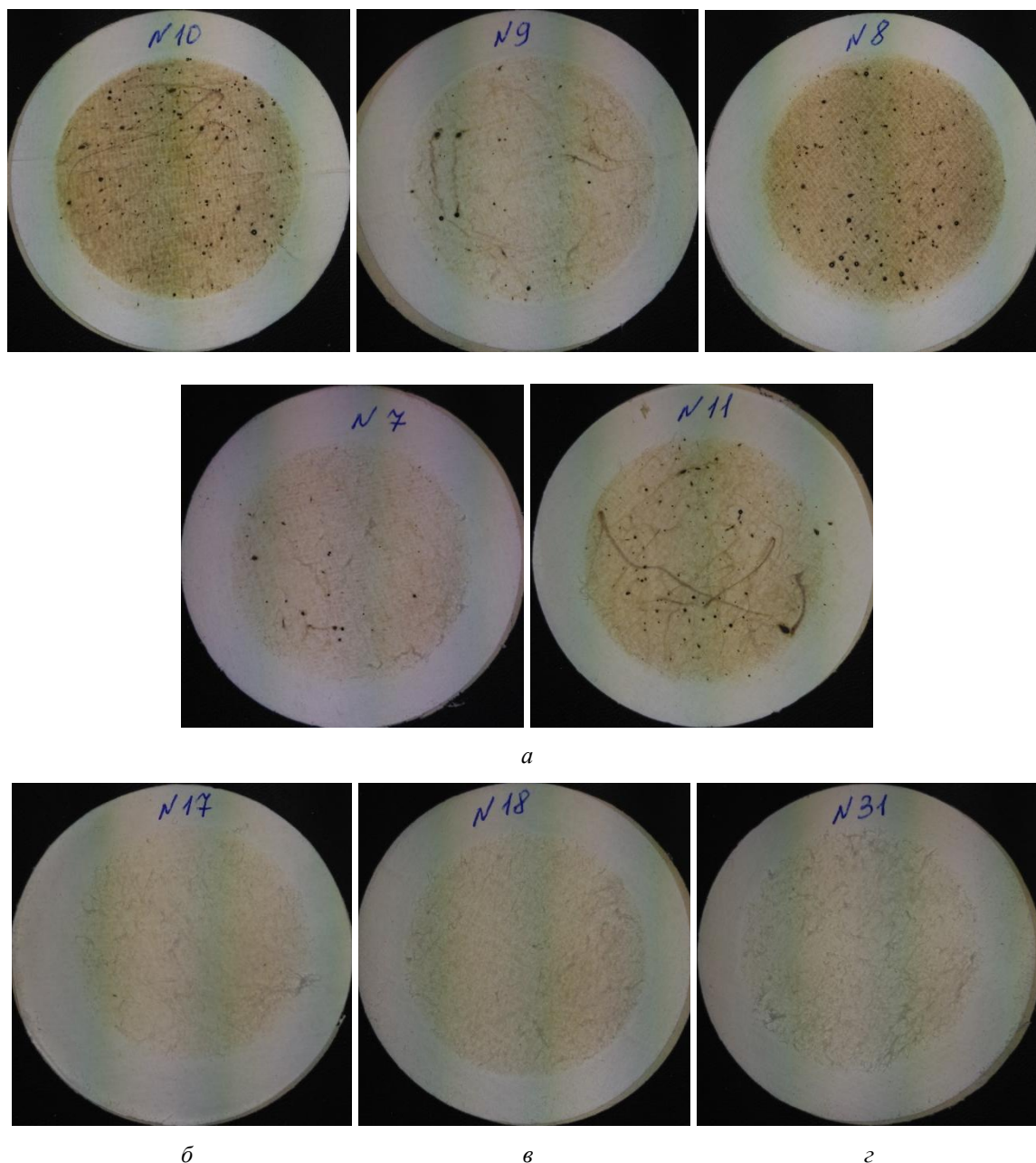


Рис. 5. Зразки фільтрів для електродів з основним типом покриття:
а) з вентиляцією, яка працює (табл. 4):

- б) зразок № 17 отриманий під час зварювання основними електродами з використанням вентиляції і силою струму 200 А, час 180 с, на відстані 0,5 м від місця зварювання;
- в) зразок № 18 отриманий під час зварювання основними електродами з використанням вентиляції і струмом 200 А, час 180 с, на відстані 1,0 м від місця зварювання;
- г) зразок № 31 отриманий біля органів дихання зварювальника з використанням вентиляції (струм 200 А, час 180 с)

За результатами досліджень, наведеними в таблиці 4, побудовано графіки залежності концентрації зварювального аерозолі від часу з використанням електродів з основним покриттям за вентиляції, яка працює.

Математичну модель процесу зварювання основними електродами з використанням вентиляції записуємо у вигляді рівняння регресії відповідно до рівнянь (2) – (5).

Розрахункові значення коефіцієнтів такі: $b_0 = 2,63$; $b_1 = 0,405$; $b_2 = 1,095$; $b_{12} = -0,11$.

Математична модель процесу зварювання з основними електродами з використанням вентиляції набуває вигляду:

$$\bar{Y} = 2,63 + 0,405X_1 + 1,095X_2 - 0,11X_1X_2 \quad (21)$$

Усі коефіцієнти рівняння регресії, які визначаються, задовольняють умовам значимості:

$$t_{ip} > t_T (f_y = N(m - 1) = 4, \alpha = 0,05),$$

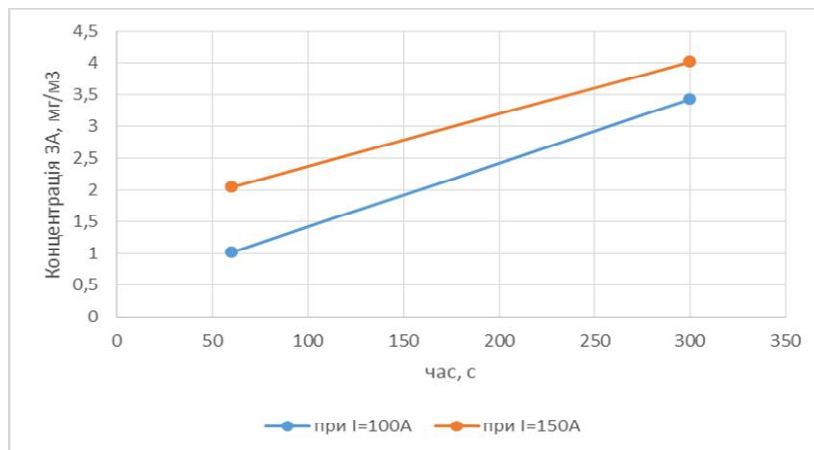
тому критичне значення критерію Стьюдента:

$$t_{0,05}(4) = 2,78 < t_{ip} \quad (22)$$

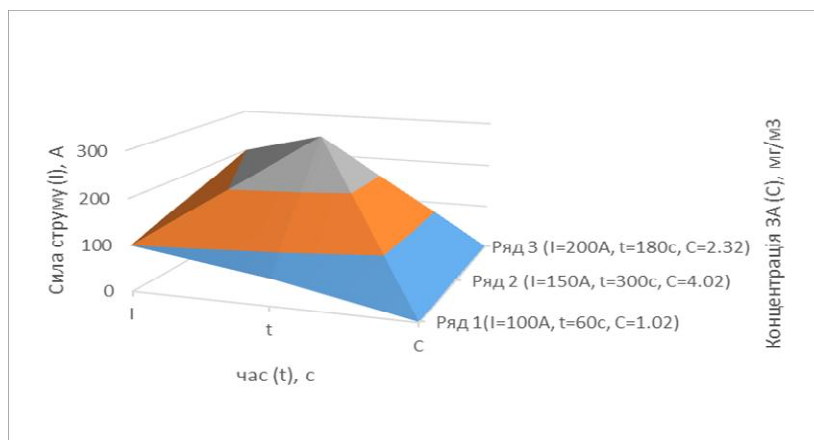
Отже, усі коефіцієнти рівняння (21) значимі.

Відтворюваність дослідів утворення ЗА, отримана у разі зварювання рутіловими електродами, визначена за критерієм Кохрена [8], показала, що його розрахункове значення за формулою (1) дорівнює $G_p = 0,146$. Відповідно табличне значення критерію Кохрена при числі степенів вільності $f = k - 1 = 1$ і рівня значущості $\alpha = 0,05$ дорівнює $G = 0,9985$ [8].

Оскільки розрахунковий критерій Кохрена не перевищує значення табличного, однорідність дисперсій підтверджується. Отже, досліді вважаються відтворюваними.



а



б

Рис. 6. Залежність концентрації зварювального аерозолі від часу за використання основних електродів з вентиляцією, що працює (табл. 4): а) за $I = 100$ А і $I = 150$ А; б) за $I = 100$ А, 150 А, 200 А

У таблиці 5 наведено матрицю планування експерименту і результати досліджень утворення зварювального аерозолі за зварювання основними електродами з вентиляцією і пиловсмоктувачем. На рисунку 7 показано

зразки, отримані в ході експерименту з використанням електродів з основним покриттям у процесі електродугового зварювання з вентиляцією, яка працює, і пиловсмоктувачем.

Таблиця 5

Матриця планування експерименту і результати досліджень вмісту зварювального аерозолі з основними електродами з використанням вентиляції і пиловсмоктувача

№ дослідів (№ зразка)	X_1	X_2	Натуральні значення		y_1 , мг/м ³	y_2 , мг/м ³	y_3 , мг/м ³	\bar{y} , мг/м ³	y^2 , мг/м ³
			I, A	t, c					
1 (№ 15)	+1	+1	150	300	3,75	3,82	3,73	3,76	14,1376
2 (№ 13)	-1	+1	100	300	2,72	3,01	2,91	2,88	8,2944
3 (№ 14)	+1	-1	150	60	1,83	1,50	1,45	1,59	2,5281
4 (№ 12)	-1	-1	100	60	1,22	1,28	1,13	1,21	1,4641
Σ								9,44	89,1136
0 (№ 16)	0	0	200	180	2,15	2,22	2,27	2,21	4,8841

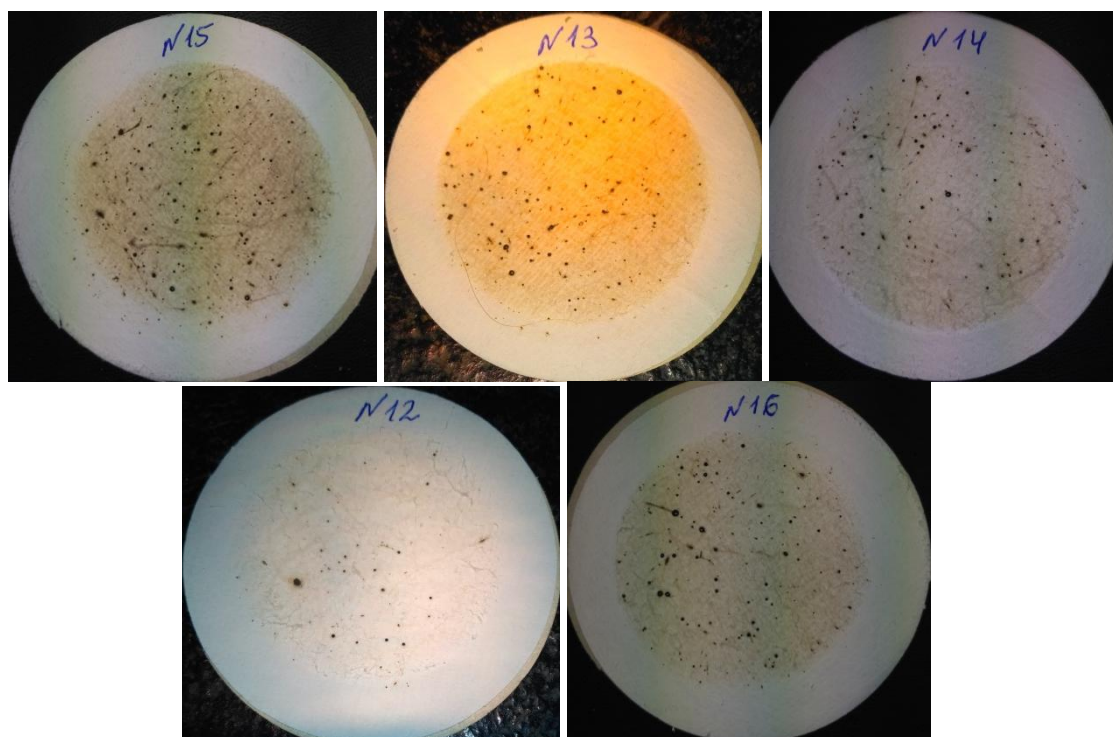
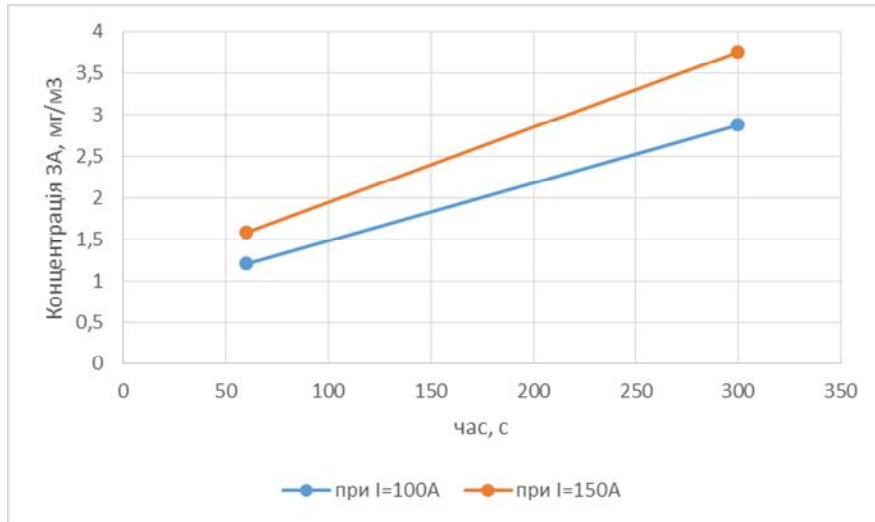


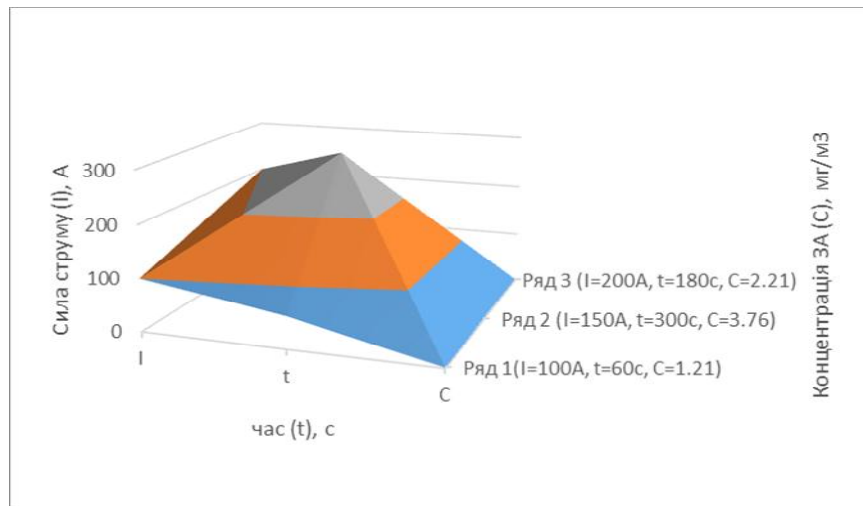
Рис. 7. Зразки фільтрів за використання електродів з основним покриттям із вентиляцією, яка працює, і пиловсмоктувачем

За результатами досліджень, наведеними в таблиці 5, побудовано графіки залежності концентрації зварювального

аерозолі від часу за використання електродів з основним покриттям, вентиляції та пиловсмоктувача.



а



б

Рис. 8. Залежність концентрації зварювального аерозолу від часу за використання основних електродів, вентиляції та пиловсмоктувача (табл. 5):
а) за $I = 100 \text{ A}$ і $I = 150 \text{ A}$; б) за $I = 100 \text{ A}$, 150 A , 200 A

Математичну модель процесу зварювання основними електродами з використанням вентиляції та пиловсмоктувача записуємо у вигляді рівняння регресії відповідно до рівнянь (2) – (5).

Розрахункові значення коефіцієнтів такі:

$$v_0 = 2,36; v_1 = 0,315; v_2 = 0,96; v_{12} = 0,125.$$

Математична модель процесу зварювання з основними електродами за використання вентиляції та пиловсмоктувача набуває вигляду:

$$\bar{Y} = 2,36 + 0,315X_1 + 0,96X_2 + 0,125X_1X_2. \quad (23)$$

Усі коефіцієнти рівняння регресії, які визначаються, задовольняють умовам значимості $t_{ip} > t_T$ ($f_y = N(m - 1) = 4$, $\alpha = 0,05$), тому критичне значення критерію Стьюдента:

$$t_{0,05}(4) = 2,78 < t_{ip}. \quad (24)$$

Отже, усі коефіцієнти рівняння (23) значимі.

Відтворюваність дослідів утворення ЗА, отримана за зварювання основними електродами з використанням вентиляції та пиловсмоктувача електродами, визначена за критерієм Кохрена [8], показала, що його розрахункове значення за формулою (1) дорівнює $G_p = 0,159$. Відповідно табличне значення критерію Кохрена при числі

степенів вільності $f = k - 1 = 1$ і рівня значущості $\alpha = 0,05$ дорівнює $G = 0,9985$ [8].

Оскільки розрахунковий критерій Кохрена не перевищує значення табличного, однорідність дисперсій підтверджується. Отже, досліди вважаються відтворюваними.

У таблиці 6 наведено матрицю планування експерименту і результати

досліджень утворення зварювального аерозолю у разі зварювання основними електродами без вентиляції.

На рисунку 9 показано зразки, отримані в ході експерименту за використання електродів з основним покриттям у процесі електродугового зварювання без вентиляції.

Таблиця 6

Матриця планування експерименту і результати досліджень щодо вмісту зварювального аерозолю з основними електродами без вентиляції

№ досліду (№ зразка)	X_1	X_2	Натуральні значення		Y_1 , мг/м ³	Y_2 мг/м ³	Y_3 мг/м ³	\bar{Y} , ³ мг/м ³	Y^2 , мг/м ³
			I, A	t, c					
1 (№ 5)	+1	+1	150	300	4,43	4,66	4,45	4,53	20,5209
2 (№ 3)	-1	+1	100	300	3,95	4,05	3,91	3,95	15,6025
3 (№ 4)	+1	-1	150	60	2,49	2,51	2,32	2,44	5,9536
4 (№ 2)	-1	-1	100	60	1,89	1,67	2,38	1,98	3,9204
Σ								12,9	166,41
0 (№ 6)	0	0	200	180	3,08	2,9	3,12	3,03	9,1809

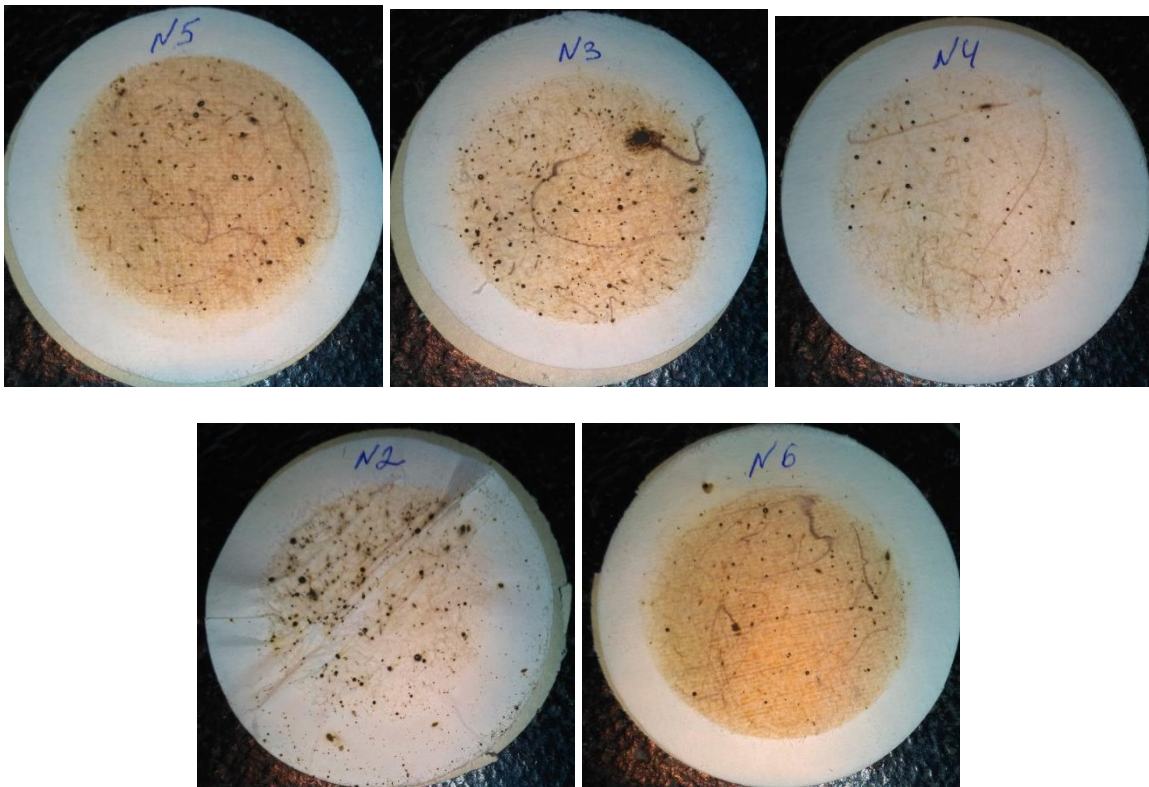
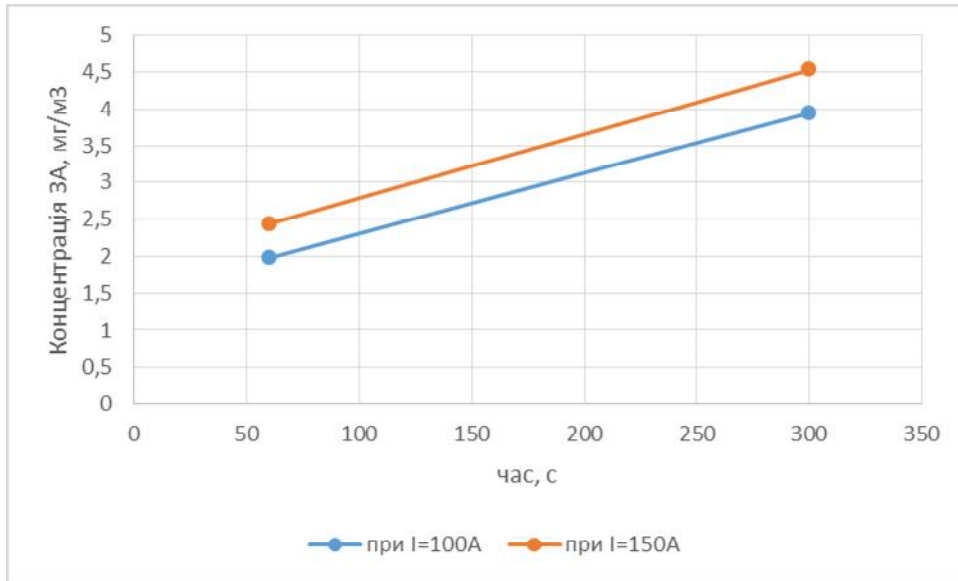
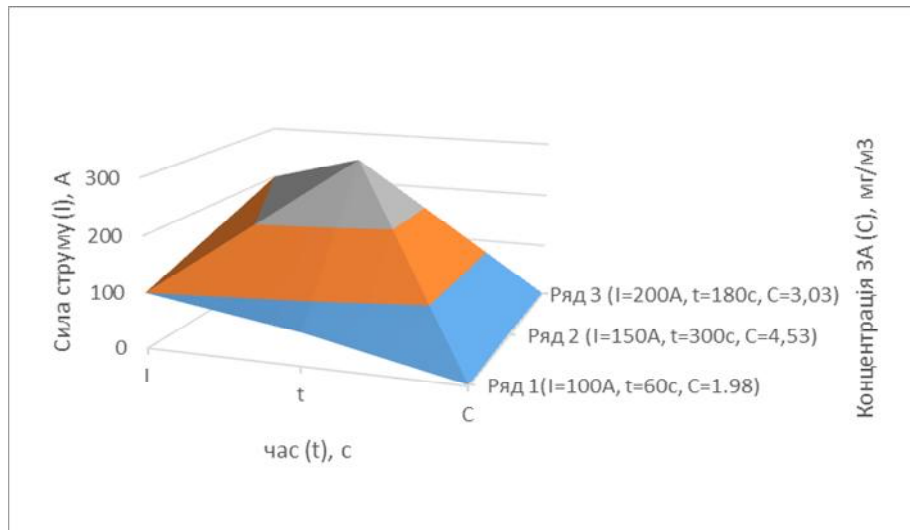


Рис. 9. Зразки фільтрів за використання електродів з основним покриттям без вентиляції



а



б

Рис. 10. Залежність концентрації зварювального аерозолу від часу при використанні основних електродів без вентиляції (табл. 6): а) за $I = 100 \text{ A}$ і $I = 150 \text{ A}$; б) за $I = 100 \text{ A}$, 150 A , 200 A

За результатами досліджень, наведеними в таблиці 6, побудовано графіки залежності концентрації зварювального аерозолу від часу за використання електродів з основним покриттям без вентиляції. Математичну модель процесу зварювання основними електродами без вентиляції записуємо у вигляді рівняння регресії відповідно до рівнянь (2) – (5).

Розрахункові значення коефіцієнтів такі:
 $\epsilon_0 = 3,225$; $\epsilon_1 = 0,26$; $\epsilon_2 = 1,015$; $\epsilon_{12} = 0,03$.

Математична модель процесу зварювання з основними електродами без використання вентиляції набуває вигляду:

$$\bar{Y} = 3,225 + 0,26X_1 + 1,015X_2 + 0,03X_1X_2. \quad (25)$$

Усі коефіцієнти рівняння регресії, які визначаються, задовольняють умовам значимості $t_{ip} > t_T$ ($f_y = N(m - 1) = 4$, $\alpha = 0,05$), тому критичне значення критерію Стюдента:

$$t_{0,05}(4) = 2,78 < t_{ip}. \quad (26)$$

Отже, усі коефіцієнти рівняння (25) значимі.

Відтворюваність дослідів утворення ЗА, отримана при зварюванні основними електродами без вентиляції, визначена за критерієм Кохрена [8], показала, що його розрахункове значення за формулою (1) дорівнює $G_p = 0,123$. Відповідно табличне значення критерію Кохрена при числі

степенів вільності $f = k - 1 = 1$ і рівня значущості $\alpha = 0,05$ дорівнює $G = 0,9985$ [8].

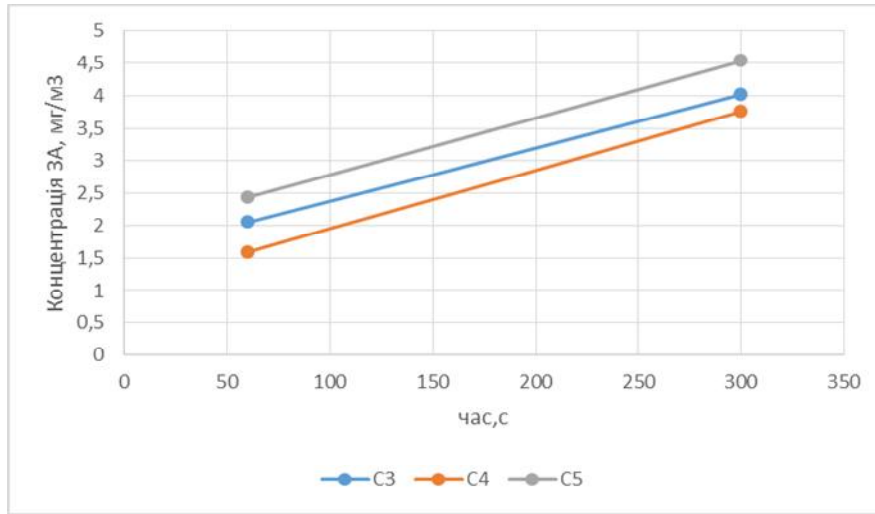


Рис. 11. Залежність концентрації зварювального аерозолу від часу за використання електродів з основним типом покриття (C3 – з вентиляцією, C4 – з вентиляцією та пиловсмоктувачем, C5 – без вентиляції) за $I = 150$ А

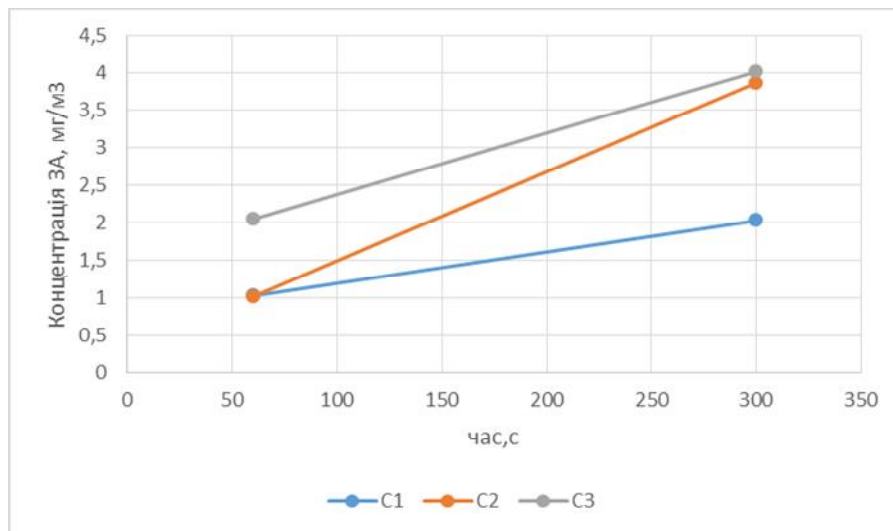


Рис. 12. Залежність концентрації зварювального аерозолу від часу за використання вентиляції та електродів з різним типом покриття (1 – рутилово-целюлозне, 2 – рутилове, 3 – основне) за $I = 150$ А

Оскільки розрахунковий критерій Кохрена не перевищує значення табличного, однорідність дисперсій підтверджується. Отже, досліди вважаються відтворюваними.

На рисунку 11 розглянуто залежність концентрації зварювального аерозолу від часу за використання електродів з основним типом покриття у трьох ситуаціях:

- 1) коли працює вентиляція;
- 2) одночасно працюють вентиляція і пиловсмоктувач;
- 3) без вентиляції.

За $I = 150$ А.

Дослідження довели, що одночасне використання вентиляції та пиловсмоктувача суттєво ефективніше, ніж просто витяжної вентиляції.

У середовищі Mathcad [9; 10] побудовано графіки залежності концентрації зварювального аерозолу від часу і від сили струму за розрахованими математичними моделями за формулами 10, 20, 21, 23, 25: (рис. 13–17).

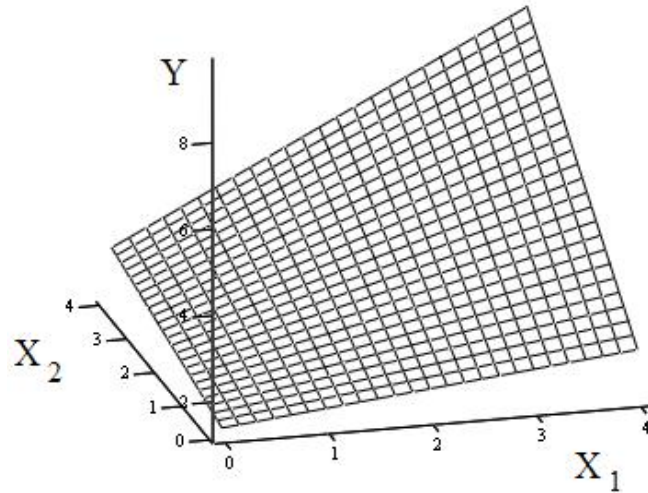


Рис. 13. Залежність концентрації зварювального аерозолю від часу за використання рутилово-целюлозних електродів і вентиляції (табл. 2)

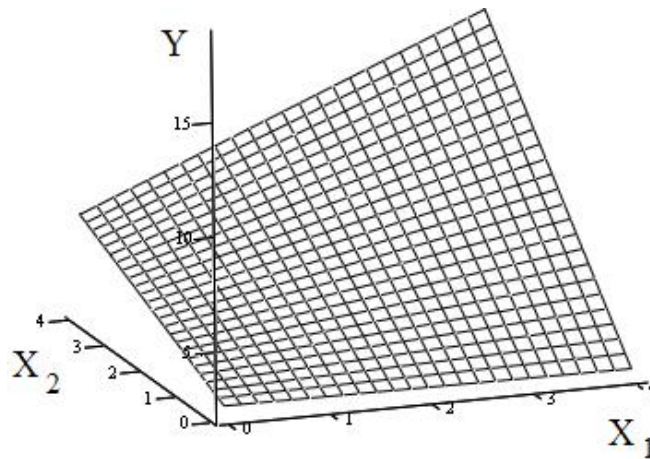


Рис. 14. Залежність концентрації зварювального аерозолю від часу за використання рутилових електродів із вентиляцією (табл. 3)

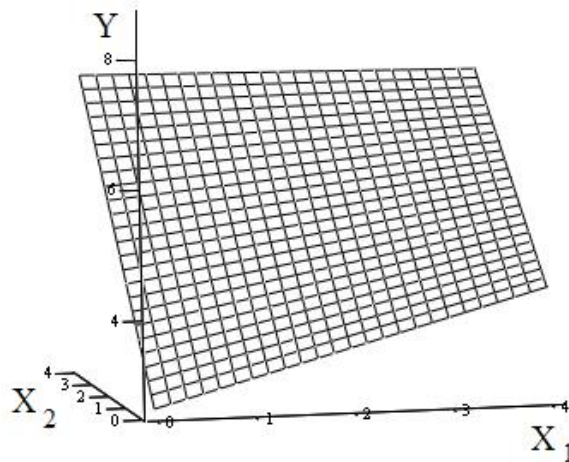


Рис. 15. Залежність концентрації зварювального аерозолю від часу за використання основних електродів із вентиляцією (табл. 4)

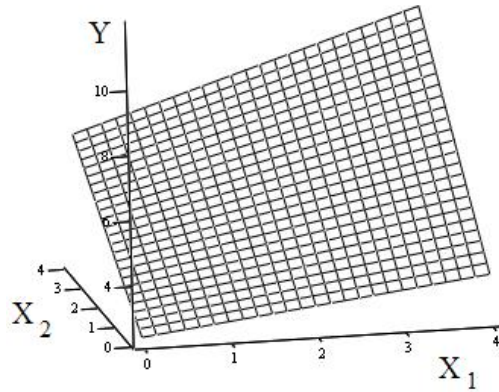


Рис. 16. Залежність концентрації зварювального аерозолю від часу за використання основних електродів із вентиляцією та пиловсмоктувачем (табл. 5)

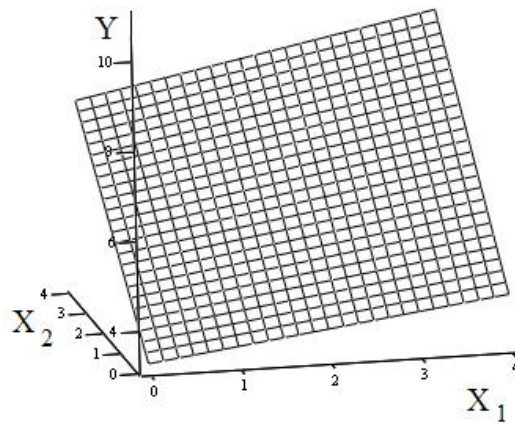


Рис. 17. Залежність концентрації зварювального аерозолю від часу за використання основних електродів без вентиляції (табл. 6)

Висновки

1. Виконані дослідження та отримані результати забрудненості повітря робочої зони зварювальним аерозолем на ділянці зварювання довели залежність утворення ЗА у повітрі робочої зони від типу електродів та необхідність вибору для роботи під час ручного електродугового зварювання електродів із меншою кількістю викидів ЗА у повітря робочої зони, що дозволяє регулювати та зменшувати обсяги ЗА, які виділяються в навколишнє середовище.

2. Досліджено зміни концентрацій зварювального аерозолю, які утворюються під час ручного електродугового зварювання та використання електродів з основним типом покриття, рутіловим та рутілово-целюлозним.

3. Визначено математичні залежності процесів утворення ЗА за допомогою повного факторного експерименту типу ПФЕ- 2^2 та встановлено характер розповсюдження зварювального аерозолю,

який може бути причиною професійних захворювань зварювальників.

4. Досліджено залежність концентрації зварювального аерозолю від часу і сили струму за використання електродів з основним типом покриття з вентиляцією, без вентиляції та одночасно з вентиляцією і пиловсмоктувачем. Використання тільки витяжної вентиляції без припливно-витяжної не може забезпечити допустимий рівень забруднень у робочій зоні зварювання та у приміщенні;

5. Результати досліджень доводять, що найбільша концентрація ЗА – від електродів з основним покриттям, менша – з рутіловим. Установлено, що із трьох досліджених типів електродів менше ЗА утворюється під час роботи з рутілово-целюлозним покриттям. Результати дослідження вказують, що використання електродів із рутіловим типом покриття через 310...320 секунд ці електроди стають більш небезпечними ніж основні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Денисова Н. М. Шляхи зниження забрудненості повітря робочої зони зварювальних дільниць. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2012. № 3 (59). С. 208–213.
2. Березуцький В. В., Хондак І. І. Зварювання металевих виробів та безпека. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії*. № 41 (1317). 2018. С. 91–102.
3. Левченко О. Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві : навч. посіб. Київ : Основа, 2004. С. 96–98.
4. Лубянова И. П. Характер и структура производственно обусловленных заболеваний у сварщиков. *Довкілля та здоров'я*. 1999. № 3. С. 51–57.
5. Гримитлин М. И., Кгондрашов С. Ю., Алексеева И. С. и др. Улучшение состояния воздушной среды в сборочно-сварочных цехах. Охрана труда в условиях интенсификации производства. Ленинград, 1987. С. 40–67.
6. Гримитлин М. И. Вентиляция сварочного производства. 2007. URL: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/845/>.
7. Лук'яненко А. О. Нормалізація концентрації шкідливих речовин на робочих місцях ручного дугового зварювання : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук : спец. 05.26.01. Київ, 2012. 20 с.
8. Основы научных исследований в химической промышленности : монография. Под ред. И. М. Глущенко. Київ : Вища школа, 1983. 158 с.
9. Кирьянов Д. В. Mathcad 15 / MathcadPrime 1.0. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. 432 с.
10. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15 : учеб. курс. Санкт-Петербург : БГТУ-Военмех, 2011. 345 с.

REFERENCES

1. Denysova N.M. *Shlyakhy znyzhennya zabrudnenosti povitrya robochoyi zony zvaryval'nykh dil'nyts'* [Ways to reduce air pollution of the working area of welding sites]. *Visnyk Chernihivs'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu , seriya «Tekhnichni nauky»* [Bulletin of Chernihiv State Technological University, series "Technical Sciences"]. 2012, no. 3 (59), pp. 208–213. (in Ukrainian).
2. Berezuts'kyi V.V. and Khondak I.I. *Zvaryuvannya metalevykh vyrobiv ta bezpeka* [Welding of metal products and safety]. *Visnyk NTU «KHPi»*. Seriya: *Innovatsiyni tekhnolohiyi ta obladnannya obrobky materialiv u mashynobuduvanni ta metalurhiyi* [Bulletin of NTU "KhPI". Series: Innovative technologies and equipment for materials processing in mechanical engineering and metallurgy]. 2018, no. 41 (1317), pp. 91–102. (in Ukrainian).
3. Levchenko O.H. *Hihiyena pratsi ta vyrobnycha sanitariya u zvaryval'nomu vyrobnytstvi : navchal'nyy posibnyk* [Occupational hygiene and industrial sanitation in welding : a textbook]. Kyiv : Osнова Publ., 2004, pp. 96–98. (in Ukrainian).
4. Lubjanova I. P. *Harakter i struktura proizvodstvenno obuslovenykh zbolevanij u svarshnikov* [The nature and structure of occupational diseases in welders]. *Dovkillja ta zdorov'ja* [Environment and health]. 1999, no. 3, pp. 51–57. (in Russian).
5. Gritmitlin M.I., Kgondrashov S.Ju., Alekseeva I.S and oth. *Uluchshenie sostojanija vozdushnoj sredy v sborochno-svarochnyh cehah* [Improving the state of the air in the assembly and welding shops]. *Ohrana truda v uslovijah intensifikacii proizvodstva* [Labor protection in conditions of intensification of production]. Leningrad, 1987, pp. 40–67. (in Russian).
6. Gritmitlin M.I. *Ventiljacija svarochnogo proizvodstva* [Welding production ventilation]. 2007. URL: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/845/> (in Russian).
7. Luk'yanenko A.O. *Normalizaciya koncentraciyi shkidly'vy'x rechovy'n na robochy'x miscyax ruchnogo dugovogo zvaryuvannya: avtoref. dy's. na zdobuttja naukovoogo stupenya kand. texn. Nauk : specz. 05.26.01* [Normalization of concentration of harmful substances at workplaces of manual arc welding : author's ref. dis. for the degree of Cand.Tech. Science : special. 05.26.01]. 2012, Kyiv, 20 p. (in Ukrainian).
8. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v khimicheskoy promyshlennosti* [Fundamentals of scientific research in the chemical industry]. By ed. I.M. Glushchenko. Kyiv : Vishcha shkola Publ., 1983, 158 p. (in Russian).
9. Kir'janov D.V. *Mathcad 15/MathcadPrime 1.0*. Saint Petersburg : BHV-Peterburg Publ., 2012, 432 p. (in Russian).
10. Makarov E.G. *Inzhenernye raschety v Mathcad 15 : uchebnyj kurs* [Engineering calculations in Mathcad 15. Training course]. Saint Petersburg : BGTU-Voenmeh Publ., 2011, 345 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 02.10.2020.

УДК 331.453

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.29.695

БЕЗПЕЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПІД ЧАС ДЕМОНТАЖІВ ПІДКРАНОВИХ БАЛОК В УМОВАХ ДІЮЧИХ ЦЕХІВ З УРАХУВАННЯМ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
МАТУХНО О. В.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,
СИБІР А. В.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра екології, теплотехніки та охорони праці, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 746-25-45, e-mail: helen_mt@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5536-6745

³ Кафедра екології, теплотехніки та охорони праці, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 374-86-57, e-mail: artem.sybir@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9974-0636

Анотація. *Постановка проблеми.* Розв'язується важлива прикладна задача із забезпечення безпеки праці під час будівельно-монтажних робіт в умовах діючих підприємств. *Мета статті* – визначення вимог до безпечної організації робіт під час демонтажу підкранових конструкцій в умовах діючих виробництв. *Об'єкт дослідження:* проектно-технічна документація з демонтажу підкранових балок в умовах діючого цеху. *Предмет дослідження:* безпечна організація будівельно-монтажних робіт в умовах діючого виробництва. Капітальні і поточні ремонти устаткування повинні проводитися за розробленими і затвердженими проектами організації робіт. У цих проєктах повинні вказуватися заходи щодо гарантування безпечних умов праці на кожний ремонт. Ремонтно-технологічна документація повинна містити: технологічні карти, технологічні записки, технологічні схеми (етапи ремонту), графіки виконання робіт, альбоми пристосувань, інструменту, що буде застосований; засоби підмошування, альбоми стропування вантажів, плакати з безпечного виконання окремих видів робіт тощо. Складено технологічну карту на демонтаж розрізних сталевих підкранових балок прогоном 12 м під мостові електричні крани одноповерхових промислових будівель із сіткою колон 12 × 24 м. У зв'язку з обмеженням простору для виконання робіт існуючими будівельними конструкціями, виробничими механізмами і комунікаціями демонтаж укрупнених блоків підкранових балок запропоновано виконувати за допомогою вантажопідійомних лебідок. Описано організацію і технологію будівельного процесу. До складу робіт, що розглядаються картою, входять: підготовка блока до демонтажу; розкріплення блока; демонтаж та опускання блока; підготовка опорних місць для встановлення нового блока. Розраховано техніко-економічні показники на виконання робіт: витрати праці на демонтаж блоків підкранових балок, потреба в машинах, устаткуванні, інструменті, інвентарі, пристроях, експлуатаційних матеріалах. Складено графік виконання робіт. Визначено вимоги та обмеження під час виконання будівельно-монтажних робіт. Виконано аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів з урахуванням ризик-орієнтованого підходу. Розроблено вказівки з охорони праці під час виконання демонтажу підкранових конструкцій.

Ключові слова: *безпека; охорона праці; демонтаж; підкранові конструкції; організація робіт; технологічна карта*

БЕЗОПАСНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЦЕХОВ С УЧЕТОМ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

БЕЛИКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
МАТУХНО Е. В.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,
СИБИРЬ А. В.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра экологии, теплотехники и охраны труда, Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 746-25-45, e-mail: helen_mt@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5536-6745

³ Кафедра екології, теплотехніки та охорони праці, Національна металургічна академія України, пр. Гагарина, 4, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 374-86-57, e-mail: artem.sybir@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9974-0636

Аннотация. Постановка проблеми. Решается важная прикладная задача по обеспечению безопасности труда при строительномонтажных работах в условиях действующих предприятий. **Целью статьи** является определение требований по безопасной организации работ при демонтаже подкрановых конструкций в условиях действующих производств. **Объект исследования:** проектно-техническая документация по демонтажу подкрановых балок в условиях действующего цеха. **Предмет исследования:** безопасная организация строительномонтажных работ в условиях действующего производства. Капитальные и текущие ремонты оборудования должны проводиться в соответствии с разработанными и утвержденными проектами организации работ. В проектах организации работ должны указываться меры по обеспечению безопасных условий труда. Ремонтно-технологическая документация должна содержать: технологические карты, технологические записки, технологические схемы (этапы ремонта), графики выполнения работ, альбомы приспособлений, инструмента, который будет применен; средства подмачивания, альбомы строповки грузов, плакаты по безопасному выполнению отдельных видов работ. Составлена технологическая карта на демонтаж разрезных стальных подкрановых балок пролетом 12 м под мостовые электрические краны одноэтажных промышленных зданий с сеткой колонн 12 × 24 м. В связи с ограничением пространства при выполнении работ строительными конструкциями, производственными механизмами и коммуникациями демонтаж укрупненных блоков подкрановых балок предложено выполнять с помощью грузоподъемных лебедок. Описаны организация и технология строительного процесса. В состав работ, рассматриваемых картой, входят: подготовка блока к демонтажу; раскрепление блока; демонтаж и опускание блока; подготовка опорных мест для установки нового блока. Рассчитаны технико-экономические показатели работ: затраты труда на демонтаж блоков подкрановых балок, потребность в машинах, оборудовании, инструменте, инвентаре, устройствах, эксплуатационных материалах. Составлен график выполнения работ. Определены требования и ограничения при выполнении строительномонтажных работ. Выполнен анализ вредных и опасных производственных факторов с учетом риск-ориентированного подхода. Разработаны указания по охране труда при выполнении демонтажа подкрановых конструкций.

Ключевые слова: безопасность; охрана труда; демонтаж; подкрановые конструкции; организация работ; технологическая карта

SAFE ORGANIZATION OF WORK ON DISASSEMBLING CRANE STRUCTURES WITH REGARD RISK-ORIENTED APPROACH

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
MATUKHNO O.V.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech), Assoc. Prof.*,
SYBIR A.V.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

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

^{2*} Department of Ecology, Heat Engineering and Labor Protection, National Metallurgical Academy of Ukraine, 4, Haharina Ave., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 746-25-45, e-mail: helen_mt@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-5536-6745

³ Department of Ecology, Heat Engineering and Labor Protection, National Metallurgical Academy of Ukraine, 4, Haharina Ave., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 374-86-57, e-mail: artem.sybir@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9974-0636

Abstract. An important applied task to ensure occupational safety during construction and installation work in the conditions of existing enterprises is being solved. The purpose of the work is to determine the requirements for the safe organization of work during the dismantling of crane structures in existing production facilities. Object of study: design and technical documentation for the dismantling of crane beams in the conditions of the existing workshop. Subject of research: safe organization of construction and installation works in the current production environment. Overhauls and maintenance of equipment should be carried out in accordance with the developed and approved projects for the organization of work. Projects for the organization of work should indicate measures to ensure safe working conditions. Repair and technological documentation should contain: technological maps, technology notes, flow diagrams (repair steps), work schedules, albums of fixtures, tools to be used; lifting equipment, cargo sling albums, safety performance posters. A process chart has been drawn up for the dismantling of split steel crane beams with a span of 12 m. Due to the limited space, it has been proposed to dismantle large blocks of crane beams using hoists. The organization and technology of the construction process are described. The composition of the map includes: preparing the unit for dismantling; unfastening the block; dismantling and lowering the block; preparation of reference points for the installation of a new block. The technical and economic indicators of work are calculated: labor costs for dismantling blocks of crane beams, the need for machines, equipment, tools, inventory, devices, and operational materials. A work

schedule has been drawn up. The work defines the requirements and limitations when performing construction and installation works. The analysis of harmful and hazardous production factors with regard risk-oriented approach. Instructions have been developed for labor protection during the dismantling of crane structures.

Keywords: *safety; labor protection; dismantling; crane structures; organization of work; technological map*

Постановка проблеми. Підкранові конструкції призначені не лише для забезпечення пересування мостових кранів, сприйняття і передачі на каркас будівлі кранових навантажень. Вони становлять елементи каркаса і виконують низку додаткових функцій: горизонтальну розв'язку колон із площини рами, передачу на вертикальні зв'язки між колонами повздожніх зусиль (від гальмівних сил, вітрових навантажень на торці будівлі, температурних і сейсмічних впливів), розподіл між поперечними рамами локально діючих кранових навантажень і забезпечення просторової роботи каркаса.

Підкранові балки цехів працюють у складних умовах: значні навантаження, інтенсивна експлуатація, агресивне середовище, підвищені температури повітря. Тому питанням їх безпечної експлуатації на підприємствах приділяється багато уваги [1–2]. Технічний огляд або експертне обстеження підкранових конструкцій повинні проводитися відповідно до НПАОП 0.00-6.18-04 «Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки».

У разі неможливості подальшої безпечної експлуатації, непридатності до ремонту в умовах, що склалися, а також у разі зміни умов експлуатації виникає необхідність заміни підкранових балок [3]. Підкранові конструкції можуть замінюватись повністю або частково, якщо є відповідне обґрунтування, в тому числі за:

- збільшення вантажопід'ємності мостових кранів і їх габаритних розмірів, а також модернізації або посилення конструкції кранів, що викликають збільшення кранового навантаження;

- наявності прогресуючих руйнувань у вигляді тріщин;

- наявності значної кількості дефектів та конструктивних недоліків, що створюють небезпеку раптових руйнувань.

У випадку заміни підкранових балок в умовах діючого цеху без повної реконструкції будівлі цеху або часткового демонтажу технологічного обладнання та елементів будівлі цеху застосування типової технологічної карти на демонтаж розрізних сталевих підкранових балок прогоном 12 м під мостові електричні крани одноповерхових промислових будівель можливе лише частково. Тому існує необхідність розробки технологічної карти виконання відповідних будівельно-монтажних робіт та необхідного пакета супровідних документів, в тому числі з безпечної організації праці.

Для організації робіт і вибору способу демонтажних і монтажних робіт із реконструкції підприємств потрібно враховувати все різноманіття чинників, що впливають на способи виконання робіт, багато з яких мають місце в обмежених умовах діючого виробництва.

Під час виконання демонтажних та монтажних робіт із заміни підкранових конструкцій особливу увагу треба звернути на безумовне виконання всіх вимог нормативних документів із безпечної організації робіт.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – визначення вимог щодо безпечної організації робіт під час демонтажу підкранових конструкцій в умовах діючого виробництва.

Завдання:

- складання технологічної карти демонтажу підкранових балок в умовах діючого цеху;

- розроблення вказівок із техніки безпеки, санітарії та гігієни праці під час виконання демонтажу підкранових конструкцій.

Об'єкт дослідження: проектно-технічна документація з демонтажу підкранових балок в умовах діючого цеху.

Предмет дослідження: безпечна організація будівельно-монтажних робіт в умовах діючого виробництва.

Виклад матеріалу. Автори розробили Технологічну карту на демонтаж розрізних сталевих підкранових балок прогоном 12 м із попередніми укрупненнями в блоки під мостові крани загального призначення вантажопідйомністю 50 т, запроектованих за типовою серією 1.426.2-3, випуск 1, для одноповерхової промислової будівлі із сіткою колон 12×24 м. Обсяг робіт прийнятий на 10 укрупнених блоків.

До складу робіт, що розглядаються картою, входять: підготовка блока до демонтажу; розкріплення блока; демонтаж та опускання блока; підготовка опорних місць для встановлення нового блока. Роботи виконуються у дві зміни.

Демонтажу підкранових балок передують підготовчий етап робіт з обстеження існуючих конструкцій цеху з метою вибору технології виконання робіт і можливого використання того чи іншого виду вантажопідйомних машин і механізмів, виконання робіт щодо вимог та обмежень.

В нашому випадку застосування типової технологічної карти на демонтаж розрізних сталевих підкранових балок прольотом 12 м під мостові електричні крани одноповерхових промислових будівель можливе лише частково:

– основні укрупнені блоки для всіх рядів колон (як крайніх, так і для середнього ряду) складаються з однієї підкранової балки, гальмівного настилу, кранової рейки, елементів жорсткості загальною масою до 4 323 кг; для середніх рядів колон до основного блока додається блок, який складається з однієї підкранової балки з крановою рейкою і частиною гальмівного настилу;

– у зв'язку з обмеженням простору для виконання робіт існуючими будівельними конструкціями (стіни, перекриття покрівлі тощо), виробничими механізмами і комунікаціями демонтаж укрупнених блоків підкранових балок виконується за

допомогою вантажопідйомних лебідок із коефіцієнтом до норм виробітку $K_{Н.вр.} = 1,5$ (на базі [4]).

Маса підкранових балок, гальмових конструкцій для укрупнення в блоки прийнята максимальною виходячи з таких умов:

- режим роботи мостового крана – важкий;
- розрахункова температура – $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище;
- кількість кранів у прогоні – 1;
- висота підкранової балки – 1 450 мм;
- тип рейки – кранова рейка (КР);
- довжина укрупнених блоків – 12 м.

До початку демонтажу підкранових балок повинні бути виконані організаційно-підготовчі заходи відповідно до ДБН А.3.1-5-2009 «Організація будівельного виробництва», а також усі роботи відповідно до будгеплану. Крім того, повинні бути виконані такі роботи:

- змонтовані зв'язки по колонах (для забезпечення незмінності каркаса будівлі);
- установлені тимчасові елементи для гарантування безпечної роботи монтажників на висоті (тимчасові площадки, конструкції для закріплення страхувальних поясів тощо);
- доставка в зону монтажу пристосування, інвентарю, інструменту;
- безпосередньо у прогонах визначено шляхи руху і робочі стоянки транспортувальних засобів, місця тимчасового розміщення демонтованих конструкцій.

Установлюють дві вантажні лебідки біля колон, суміжних із зоною, що демонтується, і одну відтягну в прогоні (рис. 1). На оголовках колон закріплюють нерухомі блоки вантажних поліспаств, пропускаючи кріпильні канати навколо вузлів кроквяних ферм. Стропування блоків підкранових балок проводиться за допомогою стропів із захватками.

Технологія демонтажу укрупнених блоків підкранових балок полягає в такому. Спочатку встановлюють на колони приставні сходи з майданчиками. В цей час монтажники готують блок до демонтажу: очищають конструкцію від

забруднення, навішують інвентарні драбини, натягують страхувальний канат для безпеки робіт.

Блок стропують, підтягають стропи і перевіряють правильність стропування,

рівномірність натягу стропів і тільки після цього виконують розкріплення підкранової балки.

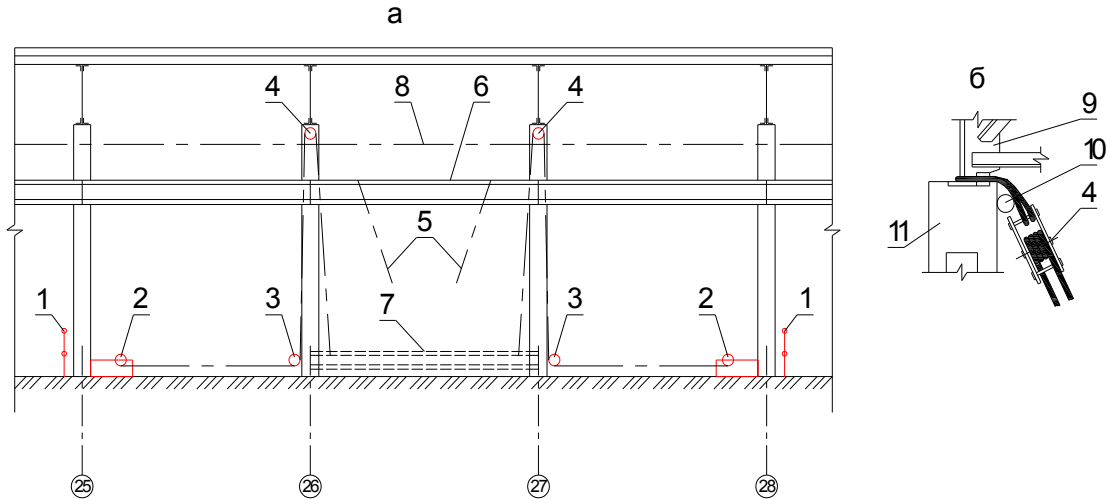


Рис. 1. Демонтаж підкранових балок лебідками:

а – схема виконання робіт; б – вузол кріплення вантажного блока поліпаста;

1 – огороження зони робіт; 2 – вантажопідіймна лебідка; 3 – відвідний блок; 4 – вантажний блок; 5 – відтяжки; 6 – початкове положення підкранової балки; 7 – положення підкранової балки після демонтажу; 8 – страхувальний канат; 9 – кроквяна ферма; 10 – інвентарна підкладка; 11 – залізобетонна колона

Таблиця 1

Витрати праці

Найменування		Кількісний показник
Витрати праці, люд.-день	на весь обсяг робіт	$14,5 \cdot 1,5 = 21,75$
	на один блок	$1,45 \cdot 1,5 = 2,175$
Витрати на весь обсяг робіт, машино-змін		$2,9 \cdot 1,5 = 4,35$

Блок вантажними лебідками піднімають на 60...100 мм і потім, відтягуючи від опорних консолей, опускають на підготовлену площадку. Демонтовані частини вивозять транспортом.

Демонтаж підкранових балок виконує ланка, що складається з п'яти осіб: монтажник конструкцій 6-го розряду – 1; 5-го розряду – 1; 4-го розряду – 2; 2-го розряду – 1.

Лебідки обслуговує один машиніст 6-го розряду, який не входить до складу бригади.

Техніко-економічні показники на 10 блоків наведено у таблицях 1–4.

У процесі заміни підкранових конструкцій необхідно дотримуватись низки вимог та обмежень:

- визначити небезпечну зону та забезпечити неможливість підходу персоналу під час виконання робіт у зазначену зону;

- виключити роботу мостових кранів у суміжних прогонах під час заміни підкранових балок по середніх рядах, за винятком випадку, коли для забезпечення збереження частини існуючих конструкцій і незмінності каркаса будівлі встановлюються тимчасові елементи;

- виключити можливість підходу мостових кранів ближче ніж на 6 м до балки, яка замінюється;

- визначити небезпечні зони під час роботи з електроустаткуванням, відключити тролі живлення кранів, відкрити електропроводку та небезпечні комунікації (або огородити їх);

- забезпечити подачу конструкцій у зону монтажу, підготувати місця складування, стоянки монтажних кранів, а

також доступи до місць кріплення блоків, лебідок та іншого монтажного обладнання;

– виключити роботу технологічного обладнання, особливо рухомих частин у монтажній зоні (допускається укриття або огорожа);

– не допускаються теплові, пилові, хімічні та інші виділення у зону монтажу;

– забезпечити освітлення і точки підключення зварювального обладнання, лебідок, кранів.

Таблиця 2

Потреба в машинах, устаткуванні, інструменті, інвентарі і пристроях

Найменування	Тип	Марка, ГОСТ, ТУ	Кількість	Технічна характеристика
Лебідка вантажопідйомна	ЛМ-3,5	ДСТУ EN 14492-1:2018	3	канатоємність 100 м, спожив. потужність 11,0 кВт; вантажопідйомність 3,5 т
Строп на дві гілки	Т-8	ДСТУ Б В.2.8-10-98	1	–
Строп	С-8	ДСТУ Б В.2.8-10-98	за необхідності	–
Поліспасть із 2 роликама	–	–	2	вантажопідйомність 5 т, вага 20 кг
Нівелір з рейкою	Н-10	ДСТУ ISO 17123-2:2006	1	–
Теодоліт	Т-15	ДСТУ ISO 17123-2:2006	1	–
Лом сталевий будівельний	ЛМ-24	ДСТУ Б В.2.8-16:2009	за необхідністю	довжина 1,18 м маса 4 кг
Рулетка вимірвальна металева	РС-20	ДСТУ 4179-2003	1	довжина 20 м
Трансформатор зварювальний	ТД-500	–	1	споживана потужність 32 кВа
Комплект газорізальний ручний	РІПУ	–	2	довжина різачка 680 мм
Болгарка промислова	УШМ 230/2700	ДСТУ EN 60745-1:2014	2	диск Ø 230 мм, потужність 2 700 Вт
Молоток будівельний	МПЛ	ДСТУ Б В.2.8-23:2009	2	–
Кувалда ковальська	–	ГОСТ 11401-75	2	маса 5,0 кг
Канат страхувальний	Г-1-жс-р-170	ДСТУ EN 358:2017	2	довжина 12,0 м
Ключі гайкові	–	ДСТУ ГОСТ 16983:2008	4	в комплекті
Драбина з площадкою приставна	–	ДСТУ Б В.2.8-44:2011	2	–
Драбина навісна	–	ДСТУ Б В.2.8-44:2011	2	–
Пояс запобіжний	–	ДСТУ 4304:2004	6	–
Каски будівельні	–	ДСТУ EN 397:2017	6	–

Під час демонтажу підкранових конструкцій можуть бути наявні такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори [5]:

– машини і механізми, що рухаються і працюють, включаючи вантажопійомні;

– розташування робочих місць на висоті від поверхні землі, підлоги,

міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок;

– недостатня освітленість робочої зони;

– фізичні перевантаження під час перенесення вантажів вручну;

– підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;

- небезпека враження електричним струмом, статична електрика;
- підвищений рівень ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань під час різання металу та електрозварювальних робіт;

- вплив на дихальні шляхи газів і аерозолів, що утворюються під час різання елементів підкранових конструкцій та зварювальних робіт.

Таблиця 3

Потреба в експлуатаційних матеріалах

Найменування	Одиниця виміру	Лебідка вантажопідіймна ЛМ-3,2		ГОСТ
		норма на 1 годину роботи машини	кількість на прийнятій обсяг робіт	
Мастила для змащування				
Масла індустріальні загального призначення	кг	0,03	0,199	20799-88
Мастила пластичні				
Мастило: солідол жировий	кг	0,09	0,598	1033-79
Мастило для просочення органічних сердечників сталевих канатів	кг	0,06	0,399	15037-69

Таблиця 4

Графік виконання робіт

Найменування робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Витрати праці на		Склад бригади, механізми що використовуються	Робочі зміни	
			одиницю виміру люд.-годин	увесь обсяг робіт люд.-днів		1-4	5
Демонтаж металевих підкранових балок, укрупнених блоками з установкою приставних драбин на колони, натягненням троса для безпеки робіт	1 елемент	10	1,45·1,5= 2,175	14,5·1,5= =21,75	Монтажники конструкцій: 6-го розряду – 1 5-го розряду – 1 4-го розряду – 2 2-го розряду – 1 Лебідки монтажні	1,0	0,35
Обслуговування монтажних лебідок	маш.-зміна	–	–	2,9·1,5= =4,35	Машиніст лебідок 6-го розряду – 1	1,0	0,35

Охорона праці працівників має забезпечуватись:

- створенням умов для дотримання комплексної безпеки будівництва;

- дотриманням із боку генеральної і субпідрядних організацій трудового законодавства, зокрема щодо створення безпечних умов праці, здорових умов відпочинку працівників, тривалості робочого тижня, розпорядку робочого часу тощо;

- вжиттям заходів із гарантування безпеки під час облаштування і утримання будівельних майданчиків і виконання будівельно-монтажних робіт, передбачених у нормативних документах із безпеки

будівництва (ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві», ДБН В.1.2-12-2008 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки», ДСТУ Б В.2.8-39:2011 «Засоби підмоцнення. Загальні технічні умови», ДСТУ Б В.2.8-47:2011 «Риштування стоякові приставні для будівельно-монтажних робіт», ДСТУ Б В.2.8-45:2011 «Підмости пересувні збірно-розбірні. Технічні умови», НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт», НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів,

підіймальних пристроїв і відповідного обладнання», НПАОП 0.00-5.04-95 «Типова інструкція з безпечного ведення робіт для стропальників (зачіплювачів), які обслуговують вантажопідіймальні крани», НПАОП 0.00-5.06-94 «Типова інструкція для осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами», НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті», ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір (ISO 6309:1987, IDT)», «Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. Загальні вимоги безпеки» та інші) та у ПВР на будівництво об'єкта;

- визначенням робіт, що виконуються за нарядами-допусками;

- організацією навчання і перевірки знань з охорони праці, а також медичних оглядів працівників;

- організацією технологічних процесів відповідно до вимог діючих санітарних норм, механізацією та автоматизацією важких і небезпечних робіт;

- видачею працівникам необхідних засобів індивідуального захисту (спеціального одягу, взуття, захисних касок тощо);

- виконанням заходів із колективного захисту робітників (огорожі, природне та штучне освітлення, вентиляція, захисні та запобіжні пристрої і пристосування тощо);

- наданням санітарно-побутових приміщень та обладнання, організацією санітарно-побутового та медичного обслуговування (зокрема, проведенням попередніх та періодичних медичних оглядів) відповідно до діючих норм і характеру виконуваних робіт.

На дільницях проведення ремонту повинні бути вивішені попереджувальні про безпеку плакати і знаки.

Робітникам створюють необхідні умови праці, харчування і відпочинку.

В організації праці додержують вимог чинного законодавства та діючих санітарних норм щодо вікової придатності працюючих до виконання тих чи інших робіт на об'єктах

будівництва, умов праці жінок, підлітків, пенсіонерів та інвалідів, гранично допустимих норм переміщення вантажів жінками.

У процесі виконання будівельно-монтажних робіт дотримуються нормативних вимог щодо запобігання порушенням технологічної дисципліни та щодо пожежної безпеки у будівництві.

З усіма працівниками відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», НАПБ А.01.001-2014 «Правил пожежної безпеки в Україні» проводять усі види інструктажу і перевірки знань із вимог техногенної і пожежної безпеки, безпеки праці та виробничої санітарії під час виконання робіт (з фіксацією у відповідних журналах).

Працівники, зайняті на роботах із підвищеною пожежною небезпекою, попередньо, перед призначенням на таку роботу, проходять спеціальне навчання, а згодом – щорічну перевірку знань нормативних актів із пожежної безпеки.

Висновки

1. Розглянуто будівельно-монтажні роботи з демонтажу підкранових балок в умовах діючого виробництва з урахуванням ризик-орієнтованого підходу.

2. Розроблено технологічну карту демонтажу підкранових балок в умовах діючого цеху та пояснювальну записку до неї. Визначено, що під час заміни підкранових балок в умовах діючого цеху без повної реконструкції будівлі цеху або часткового демонтажу технологічного обладнання та елементів будівлі цеху можливе лише часткове застосування типової технологічної карти на демонтаж (монтаж) розрізних сталевих підкранових балок прогоном 12 м під мостові електричні крани одноповерхових промислових будівель. У зв'язку з обмеженням простору для виконання робіт існуючими будівельними конструкціями (стіни, перекриття покрівлі тощо), виробничими механізмами і комунікаціями демонтаж укрупнених блоків підкранових балок

запропоновано виконувати за допомогою вантажопідійомних лебідок із коефіцієнтом до норм виробітку $K_{н.вр.} = 1,5$.

3. До складу робіт, що розглядаються картою, входять: підготовка блока до демонтажу; розкріплення блока; демонтаж та опускання блока; підготовка опорних місць для встановлення нового блока.

4. Описано організацію і технологію будівельного процесу. Розраховано техніко-економічні показники на виконання робіт. Складено графік виконання робіт.

5. У статті визначено вимоги та обмеження під час виконання будівельно-монтажних робіт; наявні шкідливі та небезпечні виробничі фактори. Розроблено вказівки з охорони праці під час виконання демонтажу підкранових конструкцій.

6. Результати можуть бути застосовані під час ремонтів та реконструкцій підкранових балок в умовах діючих виробництв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Выдрин В. Н., Зубко О. В. Наиболее характерные дефекты и повреждения металлических эксплуатируемых подкрановых балок при проведении экспертизы промышленной безопасности. *Символ науки*. 2015. № 10. С. 102–109. ISSN 2410-700X
2. Муганов С. А., Басов Э. В., Замуруев Н. В. Обследование и ремонт подкрановых путей. *Инновационная наука*. 2016. № 2. С. 115–117. ISSN 2410-6070
3. Руководство по восстановительному ремонту подкрановых конструкций. Москва : Министерство металлургии СССР, 1991. 82 с.
4. Типовая технологическая карта на монтаж строительных конструкций. 7.01.01.43. Монтаж разрезных стальных подкрановых балок пролетом 12 м под мостовые электрические краны одноэтажных промышленных зданий [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294813/4294813599.htm>
5. Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. Загальні вимоги безпеки [Електронний ресурс]. URL: https://dnaop.com/html/33058_5.html

REFERENCES

1. Vydrin V.N. and Zubko O.V. *Naibolee kharakternye defekty i povrezhdeniya metallicheskih ekspluatiruemykh podkranovykh balok pri provedenii ekspertizy promyshlennoj bezopasnosti* [The most characteristic defects and damages of metal operated crane beams during industrial safety examination]. *Simvol nauki* [Science Symbol]. 2015, no. 10, pp. 102–109. ISSN 2410-700X. (in Russian)
2. Muganov S.A., Basov E.V. and Zamuruev N. V. *Obsledovanie i remont podkranovykh putej* [Inspection and repair of crane tracks]. *Innovaczionnaya nauka* [Innovative Science]. 2016, no. 2, pp. 115–117. ISSN 2410-6070. (in Russian)
3. *Rukovodstvo po vosstanovitelnomu remontu podkranovykh konstrukcij* [Guidelines for the rehabilitation of crane structures]. Moscow : Ministerstvo metallurgii SSSR, 1991, 82 pp. (in Russian)
4. *Tipovaya tekhnologicheskaya karta na montazh stroitelnykh konstrukcij. 7.01.01.43. Montazh razreznykh stalnykh podkranovykh balok proletom 12 m pod mostovye elektricheskie kраны odnoetazhnykh promyshlennykh zdaniy* [A typical technological map for the installation of building structures. 01.01.01.43. Installation of split steel crane beams with a span of 12 m under bridge electric cranes of one-story industrial buildings]. [Elektronnij resurs]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294813/4294813599.htm> (in Russian)
5. *Instrukciya z okhoroni praci pid chas vikonannya robit z montazhu metalevikh i zalizobetonnykh konstrukcij. Zagalni vimogi bezpeki* [Safety health and safenesse instructions for installation of metal and reinforced concrete structures. General security requirements]. [Elektronnij resurs]. URL: https://dnaop.com/html/33058_5.html (in Ukrainian)

Надійшла до редакції : 08.09.2020.

УДК 699.887.3

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.38.696

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЖИТЛОВОМУ МАСИВІ ПЕРЕМОГА-6 м. ДНІПРО

БЄЛІКОВ А. С.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
ПАПІРНИК Р. Б.², канд. техн. наук, доц.,
ПИЛИПЕНКО О. В.³, канд. техн. наук, доц.,
РИБАЛКА К. А.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 611-26-48, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 488-00-98, e-mail: prb@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-7153-9378

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 737-77-07, e-mail: alex.pilip@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 905-51-42, e-mail: rubalkakatrin@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

Анотація. Постановка проблеми. Радіоактивність будівельних матеріалів та виробів визначається вмістом природних радіонуклідів (ПРН) трьох домінуючих хімічних елементів (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) у конструктивних елементах будівель. Саме ці радіонукліди визначають сумарну дозу опромінення людини в наших оселях. Основними будівельними конструкціями, що використовувались для забудови багатьох спальних районів м. Дніпро, були важкі бетони, що становили 70...85 % загального обсягу продукції будівельної індустрії області. В останні 20 років тенденції будівельного виробництва, як в Україні, так і в м. Дніпро були переглянуті. Сучасні будівельні організації намагаються будувати не менше 16 поверхів із використанням так званої каркасної монолітної будови із ніздрюватих бетонів із заповненням отворів та подальшим утепленням або лицюванням фасадів. Один з найчисленніших за кількістю жителів – житловий масив Перемога і, зокрема, ж/м Перемога-6, де можна знайти цивільні, громадські, офісні, адміністративні будівлі різних років забудови. Проблема бачиться актуальною, тому що спрямована на визначення фактичного стану речей в галузі радіаційної безпеки об'єктів будівництва ж/м Перемога-6, що перебувають в експлуатації. **Мета роботи** – проведення системних радіаційних обстежень будівель та споруд житлового фонду на основі досліджень реального рівня радіаційного фону житлових будинків, які перебувають в експлуатації. **Висновок.** У результаті експериментальних досліджень та розрахунку значень Неф. зовн та Неф. вн встановлено, що величини регламентованих радіаційних параметрів, що утворюються від джерел іонізуючих випромінювань техногенного походження, та загальний радіаційний фон, який вони створюють у приміщеннях будинків ж/м Перемога-6, перевищують нормативні показники для категорії В, що, у свою чергу, потребує зменшення значення Неф.Σ, на основі реалізації архітектурно-планувальних та технічних протирадіаційних захисних заходів.

Ключові слова: радіоактивність; будівельні матеріали; радіаційні параметри; житлові будівлі; радіаційна безпека

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЖИЛОМ МАССИВЕ ПОБЕДА-6 г. ДНИПРО

БЕЛИКОВ А. С.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
ПАПИРНИК Р. Б.², канд. техн. наук, доц.,
ПИЛИПЕНКО А. В.³, канд. техн. наук, доц.,
РЫБАЛКА Е. А.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (067) 611-26-48, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (050) 488-00-98, e-mail: prb@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-7153-9378

³ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (067) 737-77-07, e-mail: alex.pilip@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

⁴ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (050) 905-51-42, e-mail: rubalkakatrin@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

Аннотация. Постановка проблемы. Радиоактивность строительных материалов и изделий определяется содержанием природных радионуклидов (ПРН) трех доминирующих химических элементов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) в конструктивных элементах зданий. Именно эти радионуклиды определяют суммарную дозу облучения человека в наших домах. Основными строительными конструкциями, которые использовались для застройки многих спальных районов г. Днепро являлись тяжелые бетоны, которые составляли 70...85 % общего объема продукции строительной индустрии области. В последние 20 лет тенденции строительного производства, как в Украине, так и в г. Днепро, были пересмотрены. Современные строительные организации пытаются строить не менее 16 этажей с использованием так называемой каркасной монолитной застройки из ячеистых бетонов с заполнением отверстий и последующим утеплением или облицовкой фасадов. Одним из самых многочисленных по количеству жителей является жилой массив Победа и, в частности ж/м Победа-6, где можно найти гражданские, общественные, офисные, административные здания разных лет застройки. Проблема актуальна, так как направлена на определение фактического положения вещей в области радиационной безопасности объектов строительства ж/м Победа-6, находящихся в эксплуатации. **Цель работы** – осуществление системных радиационных обследований зданий и сооружений жилого фонда на основе исследований реального уровня радиационного фона жилых домов, находящихся в эксплуатации. **Вывод.** В результате проведенных экспериментальных исследований и расчета значений Нэф. внешн. и Нэф. внутр. установлено, что величины регламентированных радиационных параметров, образующиеся от источников ионизирующих излучений техногенного происхождения, и общий радиационный фон, который они создают в помещениях зданий ж/м Победа-6 превышает нормативные показатели для категории В, что, в свою очередь, требует уменьшения значения Нэф. Σ , на основе реализации архитектурно-планировочных и технических противорадиационных защитных мероприятий.

Ключевые слова: радиоактивность; строительные материалы; радиационные параметры; жилые здания; радиационная безопасность

RESEARCH OF REGULATED RADIATION PARAMETERS ON THE RESIDENTIAL PEREMONA-6 DNIPRO

BELIKOV A.S. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
PAPIRNYK R.B. ², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
PYLYPENKO O.V. ³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
RYBALKА K.A. ⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Life Safety, State Higher Education Institution “Prydniprovskа State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 611-26-48, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Building Technology, State Higher Education Institution “Prydniprovskа State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (050) 488-00-98, e-mail: prb@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-7153-9378

³ Department of Life Safety, State Higher Education Institution “Prydniprovskа State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 737-77-07, e-mail: alex.pilip@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

⁴ Department of Life Safety, State Higher Education Institution “Prydniprovskа State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (050) 905-51-42, e-mail: rubalkakatrin@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

Abstract. Problem statement. The radioactivity of building materials and products is determined by the content of natural radionuclides (NRN) of the three dominant chemical elements (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) in the structural elements of buildings. It is these radionuclides that determine the total dose of human exposure in our homes. The main building structures that were used to build up many of the sleeping areas of the Dnepr are heavy concrete, and accounted for 70...85 % of the total production of the construction industry of the region. Over the past 20 years, trends in construction production, both in Ukraine and in the Dnepr city, have been revised. Modern construction organizations

are trying to build at least 16 floors using the so-called monolithic frame construction with filling holes from cellular concrete and subsequent insulation or facing of facades. One of the most numerous in terms of the number of inhabitants is the Peremoga housing estate and in particular the Peremoga-6 railway station, where you can find civil, public, office, administrative buildings of different years of construction. The problem is urgent, as it is aimed at determining the actual state of things in the field of radiation safety of construction sites of Peremoga-6 railway station in operation. **Purpose of the article.** Systematic radiation surveys of buildings and structures of the housing stock based on studies of the real level of radiation background of residential buildings in operation. **Conclusion.** As a result of experimental studies and calculation of the values of $N_{f.vneshn}$ and $N_{f.vn}$, it was found that the values of regulated radiation parameters generated from sources of ionizing radiation of technogenic origin and the general radiation background that they create in the premises of buildings of Peremoga-6 railway station exceed indicators for category B, which in turn requires a decrease in the value of $N_{f.\Sigma}$, based on the implementation of architectural, planning and technical anti-radiation protective measures.

Keywords: *radioactivity; construction materials; radiation parameters; residential buildings; radiation safety*

Постановка проблеми. Радіоактивність будівельних матеріалів та виробів визначається вмістом природних радіонуклідів (ПРН) трьох домінуючих хімічних елементів (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) в конструктивних елементах будівель. Саме ці радіонукліди визначають сумарну дозу опромінення людини в наших оселях. Будівельні матеріали, що використовуються як несні, самонесні та зовнішні конструкції житлових і громадських будинків, виготовляються з мінеральних видів сировини та відходів промисловості.

Основними будівельними конструкціями, що використовувались для забудови багатьох спальних районів м. Дніпропетровська, були важкі бетони, що становили 70...85 % загального обсягу [1] продукції будівельної індустрії області. Так, у 1960–1990 роках основою цивільного будівництва були блочні та панельні п'яти-, дев'яти- та дванадцятиповерхові типові будинки, їх також будували із шлакоблока, силікатної та керамічної цегли. В 1990–2000 роках основними будівельними матеріалами були силікатна та керамічна цегла (відповідно 53 та 34 %). В останні 20 років тенденції будівельного виробництва, як в Україні, так і в м. Дніпро були переглянуті. Сучасні будівельні організації намагаються будувати не менше 16 поверхів із використанням так званої каркасної монолітної будови із ніздрюватих бетонів із заповненням отворів та подальшим утепленням або лицюванням фасадів. Один з найчисленніших, за кількістю жителів, є житловий масив Перемога і зокрема, ж/м Перемога-6, де можна знайти цивільні, громадські, офісні, адміністративні будівлі

різних років забудови, де можна виявити радіонукліди.

Робота бачиться актуальною, тому що спрямована на визначення фактичного стану речей в галузі радіаційної безпеки об'єктів будівництва ж/м Перемога-6, що перебувають в експлуатації.

Об'єкт дослідження – приміщення будівель на ж/м Перемога-6 в м. Дніпро.

Предмет досліджень – установлення фактичних значень радіаційно-гігієнічних параметрів експериментальним шляхом із побудовою графіків залежності і порівняння з результатами натурних вимірів.

Науково-практичні завдання:

- провести дослідження щодо типів будівель та споруд;
- визначити об'ємно-планувальні рішення, типи будівель, їх виконання та поверховість будівель та споруд;
- провести натурні вимірювання радіаційних параметрів.

Робота виконувалася відповідно до законів [2; 3], санітарних правил [4], норм [5] та будівельних стандартів [6; 7].

Мета полягає в проведенні системних радіаційних обстежень будівель та споруд житлового фонду на основі досліджень реального рівня радіаційного фону житлових будинків, які перебувають в експлуатації.

Виклад матеріалу. Згідно з планом проведення вимірів із 1 листопада 2017 року по 10 лютого 2019 року ми виконали близько 550 вимірів радіаційних параметрів на ж/м Перемога-6 у житлових приміщеннях (1–9-й поверх) та у приміщеннях громадського користування: офісного,

торгового, громадського та адміністративного призначення. Виміри проводили разом зі студентами-магістрами та з представниками державної санітарно-епідеміологічної служби м. Дніпро.

Для прикладу розглянемо такі будівлі:

1) дев'ятиповерховий панельний житловий будинок з приміщеннями громадського користування на першому поверхах;

2) дев'ятиповерховий житловий будинок із силікатної цегли з приміщеннями громадського користування на першому поверху (рис. 1);

3) дев'ятиповерховий панельний житловий будинок;

4) одноповерхова будівля, приміщення магазину із силікатної цегли (рис. 2);

5) одноповерхова будівля, приміщення магазину із залізобетонним каркасом, зовнішні залізобетонні конструкції та силікатна цегла;

6) триповерхове блочне приміщення громадського користування.

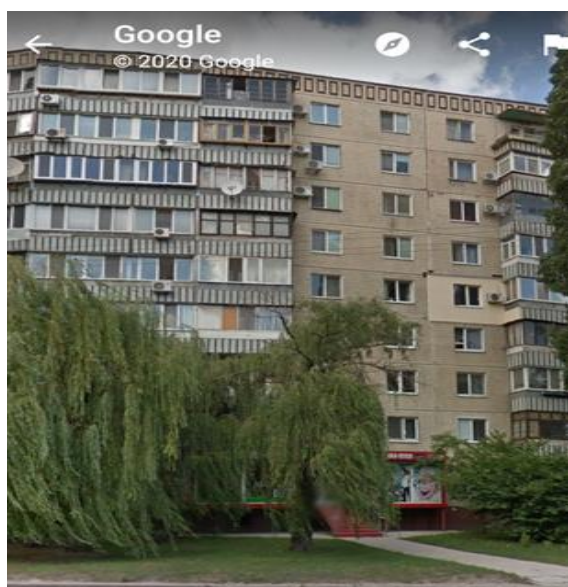


Рис. 1. Загальний вигляд дев'ятиповерховий панельного житлового будинку, де виконувалися виміри (пр. Героїв, 21)

Виміри проводилися згідно з будівельними [6] та радіаційними [4; 5] вимогами. Допустимі значення РРП не повинні перевищувати для ПЕДдоп $\leq 0,30$ мкЗв/год; для ППДдоп $\leq 0,26$ мкГр/год; для ЩП вдоп $\leq 0,030 \cdot 10^3$ част/хв \cdot см². Для проведення вимірів ми обрали дозиметр-радіометр

МКС-05 «ТЕРРА» та дозиметр побутовий «БЕЛЛАІ».

Розглянемо типову дев'ятиповерхову житлову забудову мікрорайону. В першому панельному житловому будинку за адресою бульвар Слави.ю 9, виміри виконано на першому поверсі в приміщенні громадського користування та в приватних приміщеннях 4-, 6- та 7-го поверхів.

На другому об'єкті, дев'ятиповерховому панельному житловому будинку за адресою пр. Героїв, 21, виміри виконано на першому поверсі в приміщенні магазину та в приватних приміщеннях 3- та 8-го поверхів (рис. 1).

Для третього об'єкта також було взято дев'ятиповерховий панельний житловий будинок за адресою провулок Добровольців, 6, виміри виконано на 1-, 2- та 9-му поверхах, у квартирах мешканців будинку. Квартири на 1- та 2-му поверхах розташовані всередині житлового дому, а квартира на 9-му поверсі – в куті будівлі.

Четвертий об'єкт для вимірювання – це окремо розташована будівля з силікатної цегли (рис. 2). В одноповерховому приміщенні громадського користування за адресою пр. Героїв, 37-б розташований магазин АТБ, побудований за окремим проектом. Він має так звану торговельну залу та адміністративно-побутові вбудовані приміщення. Виміри виконані в торговельному залі.



Рис. 2. Одноповерхове приміщення магазину продуктової мережі АТБ із силікатної цегли (пр. Героїв, 37-б)

Також проведено вимірювання регламентованих санітарно-гігієнічних параметрів на п'ятому об'єкті – одноповерховій каркасній будівлі, з огорожувальними конструкціями блоків та силікатної цегли. Це приміщення громадського користування за адресою:

бульвар Слави, 5, де розташований торговельний комплекс «Сільпо»; виміри проведені на першому поверсі.

Останній об'єкт нашого дослідження розташований у триповерховій відокремленій будівлі із залізобетонних блоків, залізобетонних панелей та силікатної цегли за адресою пр. Героїв, 29,

де розташований НВК № 111. Виміри проведені на 1, 2, 3-му поверхах.

Загалом на ж/м Перемога-6 ми провели вимірювання на сімнадцяти об'єктах інфраструктури мікрорайону в будинках із різних конструктивних матеріалів, різної поверховості та сфери призначення. Результати наших досліджень значень РРП наведені в загальній таблиці 1.

Таблиця 1

Зведені узагальнені результати вимірювань на ж/м Перемога-6

№ з/п	Найменування об'єкта	Матеріал конструкцій	Поверх, на якому викона-ні виміри	Результати вимірювань				ЕРОА Бк/м ³
				ППД, мкГр/год		ЩП β-частинок, част/хв·см ²		
				мін.	макс	мін.	макс.	
1	Студія-перукарня	залізобетонні конструкції – панелі	1/9	0,09	0,26	0,017	0,027	41,2
2	Квартира, 4-й поверх	з/б конструкції	4/9	0,08	0,12	0,014	0,023	37,6
3	Квартира, 6-й поверх	з/б конструкції	6/9	0,07	0,11	0,013	0,021	34,9
4	Квартира, 7-й поверх	з/б конструкції	9/9	0,08	0,13	0,015	0,025	36,4
5	Магазин канцелярських товарів	залізобетонні конструкції – панелі	1/9	0,09	0,23	0,020	0,026	47,1
6	Квартира, 3-й поверх	з/б конструкції	3/9	0,08	0,13	0,015	0,023	37,1
7	Квартира, 8-й поверх	з/б конструкції	8/9	0,09	0,12	0,014	0,021	36,4
8	Квартира, 1-й поверх	залізобетонні конструкції – панелі	1/9	0,07	0,24	0,021	0,046	38,7
9	Квартира, 2-й поверх	з/б конструкції	2/9	0,13	0,28	0,021	0,043	33,8
10	Квартира, 9-й поверх	з/б конструкції	9/9	0,13	0,27	0,021	0,044	41,1
11	Торгова зала магазину АТБ	силікатна цегла	1/1	0,07	0,17	0,011	0,019	32,3
12	Торгова зала Магази́ну «Сільпо»	з/б конструкції, силікатна цегла	1/1	0,09	0,28	0,018	0,026	37,0
13	НВК №111 Їдальня	залізобетонні конструкції панелі, силікатна цегла	1/3	0,09	0,19	0,017	0,024	44,8
14	НВК №111	з/б конструкції, силікатна цегла	2/3	0,08	0,14	0,016	0,022	38,7
15	НВК №111	з/б конструкції, силікатна цегла	3/3	0,08	0,17	0,017	0,023	44,0

У ході досліджень радіаційних параметрів огорожувальних конструкцій житлових об'єктів на ж/м Перемога-6 встановлено широкий діапазон варіації середніх значень, а саме:

$PPD_{\text{прим}} = 0,06 \div 0,38$ мкГр/год, $ЩП \beta\text{-частинок} = 0,008 \div 0,051$ част/хв·см², $ЕРОА_{\text{прим}} = 30,0 \div 47,1$ Бк /м³. Це можна пояснити, в першу чергу, завищеним рівнем надходжень радону в приміщення квартир, магазинів, офісів першого поверху. Тобто надходженням радону не тільки з

будівельних конструкцій, а й додатково із ґрунту під приміщеннями будівель.

Зробивши аналіз досліджень радіаційних параметрів різних конструктивних матеріалів (виробів), ми можемо зробити загальний висновок, що найнижчий рівень радіаційного фону – в

будинках з силікатної цегли, а найвищий у будинках із збірних залізобетонних конструкцій (панельні та блочні типові будинки масової забудови). Величини РРП огорожувальних конструкцій житлових будівель наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Величини радіаційних параметрів огорожувальних конструкцій та річної дози γ -опромінення населення

Будівельний матеріал огорожувальних конструкцій	Величина параметрів					
	ППД, мкГр/год		ЩП β -частинок, част/хв·см ²		D _{рік} , мЗв/рік	
	мінім.	макс.	мінім.	макс.	мінім.	макс.
Багатоповерхові будинки						
Стіни із газобетону	0,09	0,11	0,011	0,017	0,876	0,964
Силікатна цегла	0,08	0,15	0,012	0,026	0,7	1,14
Керамічна цегла	0,09	0,26	0,014	0,041	1,02	2,45
Залізобетонні конструкції	0,11	0,28	0,021	0,048	1,23	2,65
Індивідуальні житлові будинки						
Стіни шлаколіті	0,06	0,13	0,019	0,024	0,526	1,14
Плити OSB	0,05	0,12	0,008	0,011	0,438	1,05

Визначено фактичні значення регламентованих радіаційних параметрів (ППД_{прим} та ЕРОА_{радону}) в будівлях житлового фонду ж/м Перемога-6 дозволяють перерахувати РРП в певні діапазони значень внутрішньої та зовнішньої складової [8] для перших та верхніх поверхів (2...9-й поверхи), використовуючи для перерахунку формули 1 та 2:

$$H_{\text{еф.зовн}} = f(\text{тип ОК, ППД}_{\text{прим}}, V_{\text{ок}}, \delta, \rho, t_{\text{п}}) \quad (1)$$

$$H_{\text{еф.вн}} = f(\text{тип ОК, ґрунт, ЕРОА}_{\text{пр}}, t_{\text{п}}, \lambda_0). \quad (2)$$

Отримуємо розрахункові значення $H_{\text{еф.вн}}$ і $H_{\text{еф.зовн}}$ (табл. 3, 4).

Враховуючи вищезазначене, можна стверджувати, що стан радіаційної безпеки

саме житлового масиву Перемога-6 перебуває на стабільно задовільному рівні. За останні 25 років на ж/м Перемога-6 не збудовано жодної нової багато-поверхівки, офісного або адміністративного центру.

Така ситуація буде зберігатися доти, поки в межах житлового масиву не почнуть будувати нове, сучасне, комфортне, радіаційно-екологічне житло для мешканців мікрорайону, а старі панельні та блочні житлові багатоповерхівки (яким іже понад 45 років) будуть поступово демонтувати, змінюючи їх на 30...50-поверхові комплекси, з використанням сучасних технологій будівництва та нових будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та систем життєзабезпечення.

Таблиця 3

Величини зовнішньої складової сумарної дози опромінення населення, що проживає в будівлях на ж/м Перемога-6 в м. Дніпро

Будівельні конструкції	$H_{\text{еф.зовн}} = f(\text{тип ОК, поверх, ППД}_{\text{прим}}, V_{\text{ок}}, \rho)$	
	цокольні, перші поверхи	верхні поверхи
Шлакоблок	0,19...0,38	0,17...0,33
Легкий бетон	0,15...0,31	0,14...0,29
Блочні	0,17...0,52	0,14...0,49
Панельні	0,14...0,49	0,14...0,48
Силікатна цегла	0,12...0,22	0,10...0,21
Керамічна цегла	0,12...0,38	0,11...0,36

Таблиця 4

**Величини внутрішньої складової сумарної дози опромінення населення,
що проживає в будівлях на ж/м Перемога-6 в м. Дніпро**

Будівельні конструкції	$H_{\text{ef.вн}} = f(\text{тип ОК, ґрунт, ЕРОА}_{\text{прим}})$	
	цокольні, перші поверхи	верхні поверхи
Шлакоблок	0,43...0,62	0,22...0,42
Бетон	0,34...0,63	0,27...0,38
Блочні	0,42...0,84	0,19...0,46
Панельні	0,47...0,76	0,20...0,49
Силікатна цегла	0,31...0,92	0,12...0,34
Керамічна цегла	0,27...0,88	0,23...0,36

Висновки. В результаті проведених експериментальних досліджень та розрахунку значень $H_{\text{ef.зовн}}$ та $H_{\text{ef.вн}}$ встановлено, що величини регламентованих радіаційних параметрів, що утворюються від джерел іонізуючих випромінювань техногенного походження, та загальний радіаційний фон, який вони створюють у

приміщеннях будинків ж/м Перемога-6, перевищують нормативні показники для категорії В, що, у свою чергу, потребує зменшення значення $H_{\text{ef.}\Sigma}$, на основі реалізації архітектурно-планувальних та технічних протирадіаційних захисних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беликов А. С., Калда Г. С., Запрудин В. Ф., Пилипенко А. В. Радиационная безопасность зданий и сооружений с учетом инновационных направлений в строительстве : учеб. для студ. вузов с грифом МОН. Днепропетровск, 2013. 365 с.
2. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання : Закон України від 14 січня 1998 року № 15/98-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 25.06.2020).
3. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення : Закон України від 24 лютого 1994 року № 4004-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> (дата звернення: 25.06.2020).
4. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України : наказ МОЗ України від 02.02.2005 року № 54. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#Text> (дата звернення: 25.06.2020).
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : Постанова головного державного санітарного лікаря України від 01.12.97 року № 62. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#Text> (дата звернення: 25.06.2020).
6. ГОСТ 30108-94. Матеріали і вироби будівельні. Визначення питомої ефективної активності природних радіонуклідів. Москва : МНТКС, 1994, 32 с.
7. ДБН В.1.4-97. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Київ : Держкоммістобудування, 1997, 125 с.
8. Запрудин В. Ф., Беликов А. С., Гупало О. С., Пилипенко А. В. Савицкий Н. В. Радиационная безопасность зданий с учетом инновационных направлений в строительстве : учеб. для студ. вузов. Днепропетровск : Изд. Баланс-Клуб, 2009. 352 с.

REFERENCES

1. Belikov A., Kalda G., Zaprudin V. and Pilipenko A. *Radiatsionnaya bezopasnost zdaniy i sooruzheniy s uchetom innovatsionnykh napravleniy v stroitelstve* [Radiation safety of buildings and structures, taking into account innovative directions in construction]. Dnipropetrovsk, 2013, 365 p. (in Ukrainian)
2. *Zakon Ukrayini «Pro zakhyst liudyny vid vplyvu ionizuiuchoho vyprominiuvannia» vid 14 sichnia 1998 r. № 15/98-VR* [The Law of Ukraine «On protecting the public from the effects of ionizing radiation» dated January 14, 1998 No. № 15/98-VR]. (in Ukrainian). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98-%D0%B2%D1%80#Text>
3. *Zakon Ukrayini «Pro zabezpechennia sanitarnoho ta epidemichnoho blahopoluchchia naseleennia» vid 24 liutoho 1994 r. № 4004-XII* [The Law of Ukraine «About ensuring sanitary and epidemic well-being of the population» dated February 24, 1994 No. 4004-XII]. (in Ukrainian). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text>

4. *Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennia radiatsiinoi bezpeky Ukrainy : nakaz MOZ Ukrainy vid 02.02.2005 r № 54* [Basic sanitary rules for ensuring radiation safety of Ukraine: order of the Ministry of Health of Ukraine dated 02.02.2005 № 54]. (in Ukrainian). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#\[Text\]](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#[Text]).

5. *Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97) : Postanova holovnoho derzhavnoho sanitarnoho likaria Ukrainy vid 01.12.97 r № 62* [Radiation safety standards of Ukraine (NRBU-97): Resolution of the Chief State Sanitary Physician of Ukraine dated 01.12.97 № 62.] (in Ukrainian). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#\[Text\]](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#[Text]).

6. *Materialy i vyroby budivelni. Vyznachennia pytomoj efektyvnoi aktyvnosti pryrodnykh radionuklidiv : HOST 30108-94* [GOST 30108-94. Construction materials and products. Determination of the specific effective activity of natural radionuclides]. Moscow, 1994, 32 p. (in Russian).

7. *DBN V.1.4-97. Systema norm ta pravyl znyzhennia rivnia ionizuiuchykh vprominiuvan pryrodnykh radionuklidiv v budivnytstvi* [DBN B.1.4-97. System of norms and rules for reducing the level of ionizing radiation of natural radionuclides in construction]. Official edition. Kyiv : Derzhkommistobuduvannia, 1997, 125 p. (State Committee of Ukraine for Urban Planning and Architecture). (in Ukrainian)

8. Zaprudyn V., Belykov A., Hupalo O., Pylypenko A. and Savytskyi N. *Radyatsyonnaia bezopasnost zdanyi s uchetom ynnovatsyonnih napravleniy v stroytelstve* [Radiation safety of buildings taking into account innovative directions in construction]. Dnipropetrovsk :Izd. Balans-Klub, 2009, 352 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 30.09.2020.

УДК 711.4:351.777.6

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.46.697

ОБҐРУНТУВАННЯ СУПРОВОДУ МІСТОБУДІВНИХ ПРОЕКТІВ КОМПЛЕКСОМ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДВОДІВ ПІД ЗАБУДОВУ

БЕГІЧЕВ С. В.¹, канд. техн. наук, доц.,
ШУТИНА Г. С.^{2*}, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-93-27, e-mail: bichichev.serhii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9861-8754

^{2*} Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-93-27, e-mail: ishutina.hanna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0665-3040

Анотація. Постановка проблеми. Сучасні містобудівні проекти у виборі місць під житлову забудову передбачають комплекс факторів, таких як транспортна доступність, наявність або відсутність поблизу місця будівництва лікарень, аптек, магазинів та інших соціально-важливих об'єктів, місцеві природні умови (кліматичні, гідрологічні, інженерно-геологічні, рельєф тощо), не беручи до уваги не менш важливий екологічний фактор – стан техногенного забруднення території. Прийняття в 2017 році Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД) замість екологічної експертизи, що існувала раніше, сприяє більш ретельному екодослідженню. Отримані дані досліджень дозволять виділити на території міст техногенно-забруднені ділянки, яких слід уникати під час відведення земельних ділянок під забудову. **Мета статті** – формування поняття необхідності науково-обґрунтованого еколого-геодезичного забезпечення містобудівних проектів, яке враховує екологічний фактор у виборі місць під житлову забудову. **Висновок.** Гострота проблем, що пов'язані із захистом земель України від техногенного забруднення, потребує термінового вирішення та створення ефективних заходів впливу правового характеру управлінських рішень. Запропоновано враховувати комплекс показників для визначення ступеня техногенного забруднення території, які включають: перевищення гранично-допустимої концентрації (ГДК) марганцю, міді, свинцю, цинку. Рекомендовано обирати місця для житлового будівництва з мінімальним техногенним забрудненням, для чого супроводжувати проекти комплексом наукових досліджень екологічного стану земельних відводів під забудову.

Ключові слова: техногенно-забруднені території; житлова забудова; екологічна експертиза; оцінка впливу на довкілля, зонування

ОБОСНОВАНИЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА КОМПЛЕКСОМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ОТВОДА ПОД ЗАСТРОЙКУ

БЕГИЧЕВ С. В.¹, канд. техн. наук, доц.,
ИШУТИНА А. С.^{2*}, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра автомобильных дорог, геодезии и землеустройства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (056) 756-93-27, e-mail: bichichev.serhii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9861-8754

^{2*} Кафедра автомобильных дорог, геодезии и землеустройства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (056) 756-93-27, e-mail: ishutina.hanna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0665-3040

Аннотация. Постановка проблемы. Современные градостроительные проекты при выборе мест под жилую застройку предусматривают комплекс факторов, таких как транспортная доступность, наличие или отсутствие близости от места строительства больниц, аптек, магазинов и других социально важных объектов, местные природные условия (климатические, гидрологические, инженерно-геологические, рельеф и другие), упуская при этом не менее важный экологический фактор – состояние техногенного загрязнения территории.

Принятие в 2017 году Закона Украины «Об оценке воздействия на окружающую среду» (ОБС) вместо экологической экспертизы, существовавшей ранее, способствует более тщательному экоисследованию. Полученные данные исследований позволят выделить на территории городов техногенно-загрязненные участки, которых следует избегать при отводе земли под застройку. **Цель статьи** – формирование понятия необходимости научно обоснованного эколого-геодезического обеспечения градостроительных проектов, которое учитывает экологический фактор при выборе мест под жилую застройку. **Вывод.** Острота проблем, связанных с защитой земель Украины от техногенного загрязнения, требует срочного решения и создания эффективных мер воздействия правового характера управленческих решений. Предложено учитывать комплекс показателей для определения степени техногенного загрязнения территории, которые включают: превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) марганца, меди, свинца, цинка. Рекомендуется выбирать места для жилищного строительства с минимальным техногенным загрязнением, для чего сопровождать проекты комплексом научных исследований экологического состояния земельных отводов под застройку.

Ключевые слова: техногенно-загрязненные территории; жилищная застройка; экологическая экспертиза; оценка воздействия на окружающую среду, зонирование

SUBSTANTIATION OF MAINTENANCE OF URBAN PLANNING PROJECTS BY A COMPLEX OF SCIENTIFIC RESEARCHES OF THE ECOLOGICAL CONDITLON OF LAND DRAINS UNDER CONTRACT

BIHICHEV S.V.¹, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
ISHUTINA H.S.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Roads, Geodesy and Land Management, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-93-27, e-mail: biehichev.serhii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9861-8754

^{2*} Department of Roads, Geodesy and Land Management, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-93-27, e-mail: ishutina.hanna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0665-3040

Abstract. Problem statement. Modern urban development projects in the selection of places for housing include a set of factors such as transport accessibility, presence or absence near the construction site of hospitals, pharmacies, shops and other socially important objects, local natural conditions (climatic, hydrological, engineering and geological, relief and others), while emitting an equally important environmental factor – the state of man-made pollution. The adoption in 2017 of the Law of Ukraine "On Environmental Impact Assessment" (EIA) instead of the previous environmental expertise, contributed to a more thorough environmental study for 4...8 months and includes more stages and timing. The obtained research data will allow to identify technogenic-contaminated areas on the territory of cities, which should be avoided when allocating land plots for development. **Purpose of the article.** formation of the concept of the need for scientifically sound ecological and geodetic support of urban development projects that takes into account the environmental factor when choosing places for housing. **Conclusion.** The severity of the problems associated with the protection of the lands of Ukraine from man-made pollution requires urgent solution and the creation of effective measures to influence the legal nature of management decisions. It is proposed to take into account a set of indicators to determine the degree of man-made pollution of the territory, which include: exceeding the maximum allowable concentration (MAC) of manganese, copper, lead, zinc. It is recommended to choose places for housing construction with minimal man-made pollution, for which to accompany projects with a set of scientific studies of the ecological condition of land allotments for construction.

Keywords: man-made contaminated areas; housing construction; ecological expertise; environmental impact assessment, zoning

Постановка проблеми. У 2017 році замість екологічної експертизи було вирішено виконувати контроль за ступенем забруднення навколишнього природного середовища на основі прийнятого Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (Закон про ОВД) [1], розробленого за європейськими стандартами. Якщо порівняти Закон про ОВД із Законом «Про екологічну експертизу» [2], можна виділити такі пріоритети для здійснення екологічного моніторингу ділянок, які відводяться під забудову:

– строк на проведення оцінювання впливу довкілля збільшений до 4...8 місяців (замість 1,5...4 місяців у [2]) залежно від кількості стадій та строків їх проходження, що постає позитивним моментом для ретельного екодослідження виділених ділянок;

– значно ширша сфера застосування ОВД ніж експертизи із включенням понад 100 видів діяльності та об'єктів.

На разі трапляються випадки, коли під час зведення будівель та споруд навмисно не беруть до уваги не лише екологічні дослідження, а навіть процес геодезичного моніторингу за деформаціями будівельних конструкцій під час супроводження будівництва, при цьому посаду інженера-геодезиста часто обіймає інженер-будівельник. Норми і практика свідчать, що для безпечного функціонування об'єктів будівництва потрібно мінімум протягом місяця з моменту здачі будівлі в експлуатацію проводити геодезичний моніторинг за розвитком можливих деформацій.

При цьому треба зазначити, що спільний екологічний і геодезичний моніторинг дозволить вирішити сучасне актуальне питання стосовно зонування міських територій за техногенним забрудненням, що надасть можливість виділити та оконтурити ділянки міста з небезпечним рівнем техногенного забруднення, яких рекомендовано уникати у процесі відведення земельних ділянок під житлову забудову, створення зон відпочинку на цих

землях, і шкідливих для перебування та проживання людей.

Аналіз публікацій. Одним із перших нормативно-правових актів на території України, де було закріплено поняття техногенно забруднених земель, став Указ Президента України «Основні напрями земельної реформи в Україні на 2001–2005 роки» від 30 травня 2001 року [3].

Правове регулювання відносин щодо використання і охорони техногенно забруднених земель в Україні здійснюється цілою низкою різногалузевих правових актів, неоднорідних за юридичною силою та характером.

Важливі у механізмі правового регулювання відносин щодо використання і охорони техногенно забруднених земель Земельний кодекс України (ЗКУ) [4], Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища» [5], «Про охорону земель» [6], «Про державний контроль за використанням та охороною земель» [7] та інші.

Відповідно до ст. 169 ЗКУ [4] під терміном «техногенно-забруднені землі» маються на увазі землі, які в результаті ведення господарської діяльності стали деградованими та негативно впливають на довкілля і здоров'я людей. До таких відносять радіаційно небезпечні та радіоактивно забруднені (важкими металами, іншими хімічними елементами) землі. Разом із тим, у [4] відсутні показники щодо розрахунку ступеня техногенного забруднення та особливості використання залежно від ступеня забрудненості. Отже, виникла необхідність у більшості нормативних документів земельного законодавства України ввести пояснення, розкрити зміст, сутність характеристик та показників техногенного забруднення, особливостей використання окремих категорій забруднених земель.

Мета статті – формування поняття необхідності науково-обґрунтованого еколого-геодезичного забезпечення містобудівних проектів, яке враховує екологічний фактор у виборі місць під житлову забудову.

Результати досліджень. У виборі території для будівництва враховують цілий комплекс факторів, які будуть створювати найбільш сприятливі умови для життя населення [8]: місцеві природні умови; вимоги окремих видів будівництва до якості ділянок; раціональне взаємне розташування всіх видів будівництва (функціональних зон міста), умови обладнання території інженерними комунікаціями; економічні вимоги будівництва.

Для отримання кліматичної характеристики району будівництва враховують: середньомісячні температури і відносну вологість повітря; абсолютні максимуми і мінімуми температури повітря; рози вітрів – векторні діаграми, що характеризують річну повторюваність напрямку і швидкості вітрів із виділенням повторюваності штилів. Ці дані отримують від метеорологічних станцій на основі багаторічних спостережень. Ступінь придатності території для будівництва залежить від сукупності показників, таких як рельєф, ґрунти, ґрунтові води, заболоченість, затоплення, ландшафтних умов (наявність зсувів, карсту і ярів) [8]. Запропоновано, крім перелічених факторів, враховувати також ступінь техногенного забруднення.

Так, рельєф місцевості характеризується головним чином ухилами поверхні, отриманими з топографічних карт. Найбільш сприятливий для забудови випадок, коли ухил поверхні складає від 0,5 до 10 %. Слабо виражений рельєф (до 0,5 %) ускладнює організацію стоків, а крутий здорожує будівництво. Для характеристики складного рельєфу складається картограма рельєфних умов.

Гідрологічні обстеження показують ступінь обводнення району, необхідні характеристики річок, озер, лиманів, боліт.

У той же час фактор техногенного забруднення території у виборі місць під забудову майже не враховують, більше того, об'єкти будівництва самі по собі стають джерелами техногенного забруднення. Практично відсутня науково-обґрунтована інформація про стан міських територій, яку

можна було б використати для оцінювання екологічного стану земельних відводів під забудову.

Стійкість міської екосистеми може бути порушена за впливу різних техногенних факторів (надземних, наземних та підземних) у результаті перевищення рівня максимально допустимого надходження забруднювальних речовин у повітря, ґрунти та воду. Отже, техногенне забруднення постає індикатором стійкості природної екосистеми.

Для оцінювання техногенного (антропогенного) забруднення необхідно оцінити екологічний стан території, при цьому треба врахувати сотні показників. Оскільки якісно виконати комплексне оцінювання з великим масивом даних досить – трудомістке завдання, стало актуальним питання відбору найбільш значущих показників, які будуть використані під час розрахунку та достовірно відобразатимуть реальну картину техногенного забруднення. У праці [10] автором проаналізовано показники для оцінювання екологічного стану таких складників екосистеми:

- атмосфера (збитки від забруднення атмосфери стаціонарними джерелами; збитки від забруднення атмосфери пересувними джерелами; індекс забруднення атмосфери, ергодемографічний індекс, гранично допустиме техногенне навантаження (ГДТН), комплексний показник впливу на навколишнє середовище, коефіцієнт сумарного антропогенного навантаження, коефіцієнт антропогенного тиску (енергетичний критерій), індекс стійкості екосистем);

- вода (збитки від забруднення водних об'єктів, індекс забруднення води, дефіцит річкового стоку, ергодемографічний індекс, ГДТН, комплексний показник впливу на навколишнє середовище, коефіцієнт сумарного антропогенного навантаження, коефіцієнт антропогенного тиску (енергетичний критерій), індекс стійкості екосистем);

- земля (збитки від деградації ґрунтів і земель, коефіцієнт концентрації

забруднення ґрунту, коефіцієнт абсолютної антропогенної напруженості, коефіцієнт відносної антропогенної напруженості, коефіцієнт природної захищеності, обсяги відходів на душу населення, рівень навантаження на літосферу, площа земель, забруднених небезпечними відходами, щільність населення, ергодемографічний індекс, ГДТН, комплексний показник впливу на навколишнє середовище, коефіцієнт сумарного антропогенного навантаження, коефіцієнт антропогенного тиску (енергетичний критерій), індекс стійкості екосистем);

– соціум (щільність населення, його захворюваність (загальна на 1 000 чол., новоутворення, хвороби органів дихання,

органів травлення, інфекційні), ергодемографічний індекс);

– рослинний світ (коефіцієнт абсолютної антропогенної напруженості, коефіцієнт відносної антропогенної напруженості, коефіцієнт природної захищеності, річне збезлісення, лесистість, озеленення території, частка заповідних територій, стан рослинного світу, ГДТН, індекс стійкості екосистем);

– тваринний світ (стан тваринного світу, ГДТН, індекс стійкості екосистем).

Забруднення атмосфери має первинний характер і з плином часу забруднювальні речовини осідають і вимиваються з атмосфери в ґрунт і водне середовище (рис. 1).

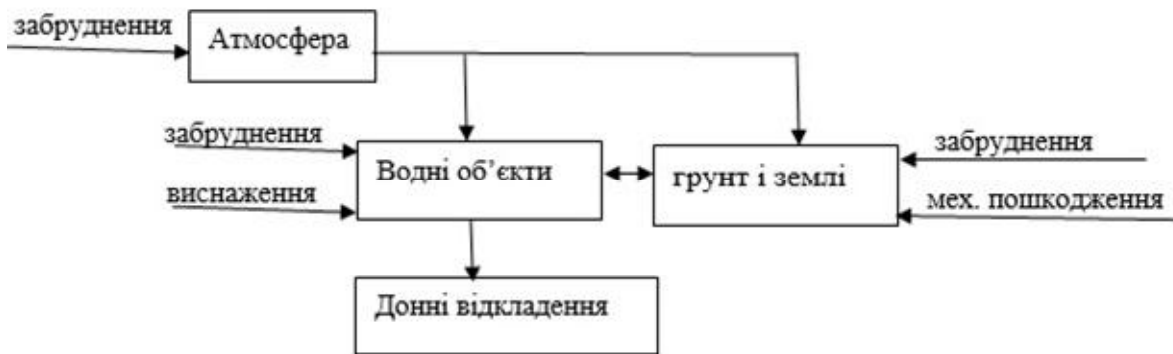


Рис. 1. Схема міграції забруднень між складовими екосистем [9]

На нашу думку, врахувати весь комплекс факторів, наведених у праці [9], дуже важко. При вирішенні питання чи є земельна ділянка забрудненою, слід керуватися нормативами гранично допустимих концентрацій (наведено у ч. 1 та 2 ст. 167 ЗКУ [4]).

Ґрунти потребують значно більше часу на природне самоочищення у зв'язку з тим, що вони, на відміну від інших компонентів природного середовища, менш рухомі. Отже, антропогенні забруднення, що потрапили до ґрунту, накопичуються і тим самим утворюють більш токсичні речовини, ніж на початковому етапі. Отже, виникає необхідність детального дослідження чинників, що негативно впливають на якість ґрунтів, та спричиняють техногенне забруднення територій.

За даними досліджень, виконаних громадською організацією «За право

громадян на екологічну безпеку» [10], проаналізовано перевищення норми гранично - допустимої концентрації (ГДК) у ґрунті марганцю, міді, свинцю, цинку в м. Дніпро.

Для підрахунку коефіцієнтів техногенного забруднення запропоновано використати таку формулу:

$$TЗ = \sqrt{\frac{(Mnrf - Mnrfgdk)^2 + (Cuvv - Cuvvgdk)^2 + (Curf - Curfgdk)^2 + (Pbv - Pbvvgdk)^2 + (Pbrf - Pbrfgdk)^2 + (Znrv - Znrvvgdk)^2 + (Znrf - Znrfgdk)^2}{n}} \quad (1),$$

де ТЗ – коефіцієнт техногенного забруднення ґрунту, мг/кг; Mnrf, Curf, Pbrf, Znrf, – рухомі форми марганцю, міді, свинцю та цинку, мг/кг; Mnrfgdk, Curfgdk, Pbrfgdk, Znrfgdk – ГДК рухомих форм марганцю, міді, свинцю та цинку, мг/кг; Cuvv, Pbv, Znrv – валовий вміст міді,

свинцю, цинку, мг/кг; Cuvgdk, Pbvgdk, Znvgdk – ГДК валового вмісту міді, свинцю, цинку, мг/кг.

На основі статистичної оцінки отриманих коефіцієнтів розраховано інтервали техногенного забруднення території м. Дніпро.

Засобами ГІС побудовано ізометричний план розподілу показника техногенного забруднення в м. Дніпро (рис. 2).

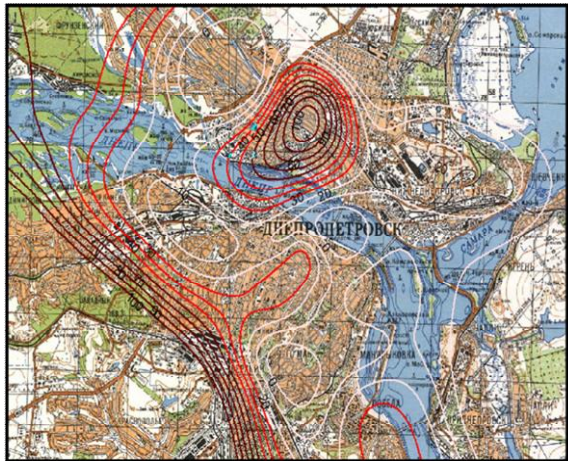


Рис. 2. Ізометричний план розподілу техногенного забруднення ґрунтів на території м. Дніпро:
— середній рівень — високий рівень

У публікації [11] засобами ГІС побудовано 3D-моделі (TIN-поверхні) розподілу техногенно-забруднених ділянок на території м. Дніпро, які дозволили візуалізувати та виявити найбільш сприятливі місця для проживання та перебування людей.

Застосовуючи кластерний аналіз, виділили серед даних результатів вимірювання [10] однорідні групи, визначено їх кількість і проведено більш надійний аналіз.

Першим етапом було проведення візуального аналізу та побудова двомірної діаграми розсіювання за заданими координатами для ґрунту (рис. 3).

Описові статистики вмісту хімічних елементів у ґрунті зображені в таблиці в ПЗ «Statistica» (рис. 4).

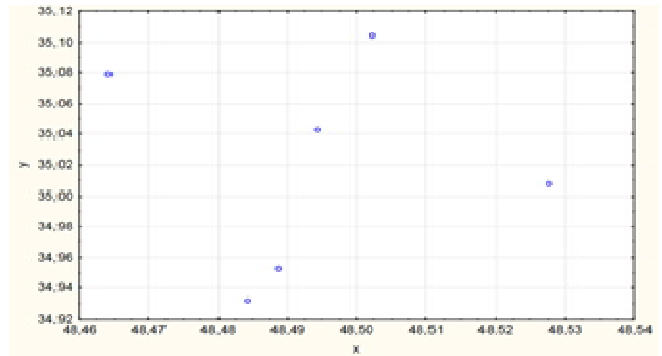


Рис. 3. Діаграма розсіювання для ґрунту

Переменная	Описательные статистики (Грунт в Таблицы)				
	Н набл.	Среднее	Минимум	Максим.	Ст. откл.
Водневий показник рН (водна витяжка)	26	8,095	5,150	9,60	0,813
Запізо (валовий вміст), мг/кг	26	9279,622	1090,000	15043,00	3422,087
Запізо (рухоми форми), мг/кг	26	54,007	0,350	688,00	149,739
Кадмій (валовий вміст), мг/кг	26	0,697	0,050	11,70	2,250
Кадмій (рухоми форми), мг/кг	26	0,125	0,020	0,27	0,065
Кобальт (валовий вміст), мг/кг	26	4,014	0,850	7,74	2,072
Кобальт (рухоми форми), мг/кг	26	0,273	0,150	0,67	0,149
Марганець (валовий вміст), мг/кг	26	432,015	185,450	1070,00	233,024
Марганець (рухоми форми), мг/кг	26	113,738	24,100	585,00	119,122
Мідь (валовий вміст), мг/кг	26	16,736	3,220	44,91	8,997
Мідь (рухоми форми), мг/кг	26	0,476	0,050	1,86	0,539
Нікель (валовий вміст), мг/кг	26	12,942	2,370	23,40	5,204
Нікель (рухоми форми), мг/кг	26	0,775	0,200	3,20	0,750
Свинець (валовий вміст), мг/кг	26	24,661	6,430	87,09	18,223
Свинець (рухоми форми), мг/кг	26	6,705	0,440	27,77	5,851
Хром (валовий вміст), мг/кг	26	27,270	11,500	59,80	12,083
Хром (рухоми форми), мг/кг	26	0,967	0,150	8,86	1,848
Цинк (валовий вміст), мг/кг	26	325,778	26,500	605,50	188,420
Цинк (рухоми форми), мг/кг	26	34,571	0,470	213,10	43,733

Рис. 4. Вміст хімічних речовин у ґрунті

У таблиці (рис. 4) показано середні значення вмісту усіх хімічних елементів за місцем проведення досліджень і додатково до них наведені стандартні відхилення, які показують, наскільки значення розкидані навколо середніх.

Після проведення стандартизації для повної відповідності наших змінних виконаємо кластерний аналіз для цього на основі процедури ієрархічної кластеризації, методом Варда побудуємо дендрограму (рис. 5), яка чітко відображає кількість кластерів.

На рисунку 5 помітно два достатньо великі утворення (великі грона дендрограми), отже, подальша гіпотеза буде про наявність двох кластерів даних. Кожна лінія відповідає своєму кластеру (рис. 6). Спостерігається, що кластер № 2 у ґрунті характеризується високим умістом хімічних речовин.

На рисунку 7 наведено розподіл кластерів у просторі.

У цьому випадку можна побачити, що точки розподілені між кластерами практично порівну. Це підтверджує, що кожен із аналізованих факторів

(перевищення ГДК міді, свинцю, марганцю, цинку) має однакову вагу у формулі підрахунку загального забруднення.

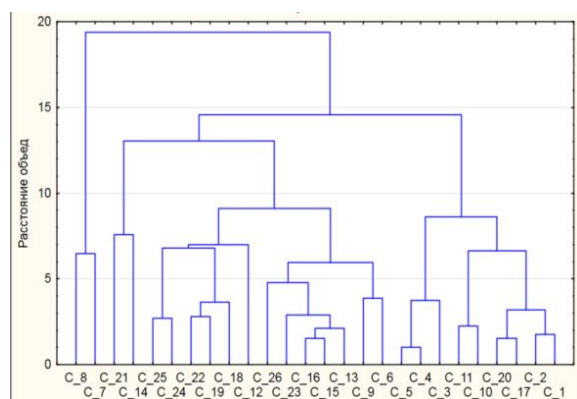


Рис. 5. Дендрограма для дослідження якості ґрунту

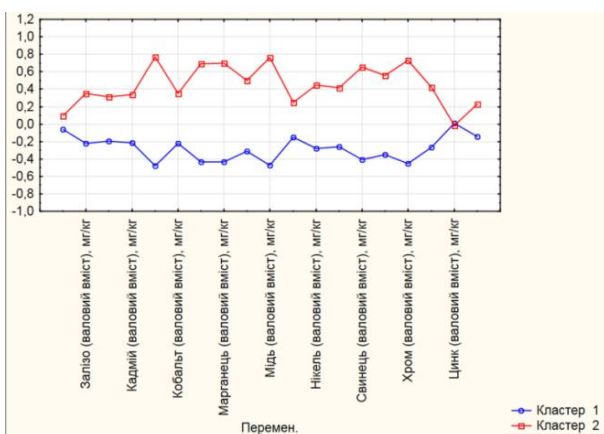


Рис. 6. Графік середніх для вмісту хімічних елементів ґрунту

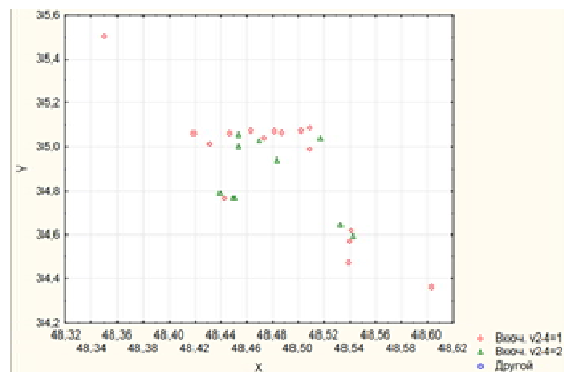


Рис. 7. Діаграма розсіювання кластерного аналізу ґрунту

Висновок. Основними природними факторами, що впливають на вибір території населеного місця, постають кліматичні, гідрологічні, інженерно-геологічні умови, рельєф та ступінь техногенного забруднення, що вимагають ретельного попереднього дослідження.

У виборі місць під житлову забудову для безпечної життєдіяльності населення великих міст та особливо мегаполісів, де сконцентровано багато джерел техногенного - забруднення, вкрай важливо обирати максимально екологічно чисті ділянки території. Для більш якісного аналізу потрібно використовувати свіжі дані, які рекомендовано отримувати за результатами екологічно-геодезичного моніторингу, супроводжувати проекти комплексом наукових досліджень екологічного стану земельних відводів під забудову та включати у розрахунок більшу кількість важких металів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про екологічну експертизу» [Втрата чинності від 18.12.2017, підстава – 2059-VIII]. URL : <https://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/45/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 12.06.2020).
2. Оцінка впливу на довкілля vs Екологічна експертиза: що змінилося? Оpubліковано в № 23 (625) веб-сайт. URL : <https://yur-gazeta.com/publications/practice/inshe/ocinka-vplivu-na-dovkillya-vs-ekologichna-ekspertiza-shcho-zminilosya.html> (дата звернення: 12.06.2020).
3. Указ Президента України «Основні напрями земельної реформи в Україні на 2001-2005 роки» № 372/2001 від 30. 05. 2001. Вид. офіц. Київ : Президент України, 2001. URL : <http://https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/372/2001> (дата звернення: 12.06.2020)
4. Земельний кодекс України [редакція від 07.06.2020]. Вид. офіц. Київ : Верховна Рада України, 2001. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/2768-14> (дата звернення: 12.06.2020)
5. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [Редакція від 07.06.2020]. Вид. офіц. Київ : Верховна Рада УРСР, 1991. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 12.06.2020)
6. Закон України «Про охорону земель». [Редакція від 18.12.2017]. Вид. офіц. Київ : Верховна Рада України, 2003. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (дата звернення: 12.06.2020).

7. Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель». [Редакція від 28.12.2015]. Вид. офіц. Київ : Верховна Рада України, 2003. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15> (дата звернення: 12.06.2020).

8. Выбор территории для строительства новых и расширения существующих населенных мест веб-сайт. URL : <http://tehlib.com/arhitektura/vy-bor-territorii-dlya-stroitel-stva-n/> (дата обращения: 12.06.2020).

9. Мыларщиков А. М. Систематизация методов оценки антропогенного воздействия на окружающую среду. *Вестник евразийской науки*. 2012. С. 1–18.

10. К чему приводит превышение предельно допустимых концентраций веществ и физических факторов в среде обитания человека. Общественное движение Украины «За право граждан на экологическую безопасность» веб-сайт. URL : <http://ecopravo.org.ua/2010/02/15/influence> (дата обращения: 12.06.2020).

11. Бегічев С. В., Ішутіна Г. С. Забезпечення екологічної безпеки відводу земельних ділянок під житлову забудову. *Безпека життєдіяльності в XXI столітті* : матер. VII Міжнародної наук.-практ. конф. Дніпро : ПДАБА, 2018. С. 154–159.

REFERENCES

1. *Zakon Ukrainy «Pro ekolohichnu ekspertyzu»* [Law of Ukraine «About Ecological Expertise»]. [Expired from 18.12.2017]. Official edition. Kyiv : Verkhovna Rada of Ukraine, 1995. (in Ukrainian)

2. *Otsinka vplyvu na dovkillia vs Ekolohichna ekspertiza: shcho zminylosia?* [Environmental Impact Assessment vs Environmental Expertise: What Has Changed?] Available at: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/inshe/ocinka-vplyvu-na-dovkilliya-vs-ekologichna-ekspertiza-shcho-zminylosya.html> (accessed 12.06.2020). (in Ukrainian)

3. *Ukaz Prezydenta Ukrainy «Osnovni napriamy zemelnoi reformy v Ukraini na 2001-2005 roky»* [Decree of the President of Ukraine «Main directions of land reform in Ukraine for 2001-2005»]. [Valid from 30.05.2001]. Official edition. Kyiv : Verkhovna Rada of Ukraine, 2001. (in Ukrainian)

4. *Zemelnyi kodeks Ukrainy* [Land Code of Ukraine]. [Valid from 07.06.2020]. Official edition. Kyiv : Verkhovna Rada of Ukraine, 2001. (in Ukrainian)

5. *Zakon Ukrainy «Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha»* [Law of Ukraine «About Environmental Protection»]. [Valid from 07.06.2020]. Official edition. Kyiv : Verkhovna Rada of USSR, 2001. (in Ukrainian)

6. *Zakon Ukrainy «Pro okhoronu zemel»* [Law of Ukraine «About Land Protection»]. [Valid from 18.12.2017]. Official edition. Kyiv : Verkhovna Rada of Ukraine, 2003. (in Ukrainian)

7. *Zakon Ukrainy «Pro derzhavnyi kontrol za vykorystanniam ta okhoronoiu zemel»* [Law of Ukraine «About state control over the use and protection of land»]. [Valid from 28.12.2015]. Official edition. Kyiv : Verkhovna Rada of Ukraine, 2003. (in Ukrainian)

8. *Vy`bor territorii dlya stroitel`stva novy`kh i rasshireniya sushhestvuyushhikh naseleenny`kh mest* [Selection of territory for construction of new and expansion of existing settlements]: web-site (accessed 5.06.2020). (in Russian)

9. My`larshnikov A. M. *Sistematizatsiya metodov ocenki antropogennogo vozdeystviya na okruzhayushhuyu sredu* [Systematization of methods for assessing anthropogenic environmental impact]. *Vestnik evrazijskoj nauki* [Bulletin of Eurasian Science]. 2012, pp. 1–18. (in Russian)

10. *K chemu privodit prevy`shenie predel`no dopustimy`kh koncentraczij veshhestv i fizicheskikh faktorov v srede obitaniya cheloveka. Obshhestvennoe dvizhenie Ukrainy` «Za pravo grazhdan na e`kologicheskuyu bezopasnost`»* [What is the result of exceeding the maximum permissible concentrations of substances and physical factors in the human environment. Social movement of Ukraine "For the right of citizens to environmental safety"]: web-site (accessed 5.06.2020). (in Russian)

11. Biehichev S.V. and Ishutina G.S. Ensuring environmental safety of land allocation for housing. *Bezpeka zhittediyal`nosti v XXI stolitti* : mater. VII Mizhnarodnoï nauk.-prakt. konf. [Life safety in the XXI century: mater. VII Intern. sc.-pract. conf.]. 2018, pp. 154–159. doi: 10.30838/P.CMM.2415.250918.156.145. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 12.09.2020.

УДК 504.5:621.565.8

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.54.698

ОЦІНКА РИЗИКУ ТЕРМІЧНОГО УРАЖЕННЯ У ВИПАДКУ АВАРІЙНОГО ГОРІННЯ

БІЛЯЄВ М. М.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
БЕРЛОВ О. В.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,
БІЛЯЄВА В. В.³, *канд. техн. наук, доц.*,
ЧЕРЕДНИЧЕНКО Л. А.⁴, *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: gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 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 «Аерогідромеханіка та енергомасоперенос», 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 безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: cherednychenko.liudmyla@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-1457-9282

Анотація. *Постановка проблеми.* Розглядається задача оцінювання ризику термічного ураження людей під час пожежі на залізничному транспорті. Ставиться задача визначення температурних полів під час пожежі та прогнозування на базі цієї інформації ризику термічного ураження людей. *Мета роботи* – розробка числової моделі для оцінювання ризику термічного ураження людей. *Методика.* Для моделювання процесу теплового забруднення атмосферного повітря використано двовимірне рівняння енергії. Поле швидкості повітряного потоку розраховується на базі гідродинамічної моделі безвихрових течій ідеальної рідини. Для числового інтегрування цього рівняння застосовується метод Річардсона. Для числового інтегрування рівняння енергії здійснюється розщеплення цього рівняння на два диференціальні рівняння. Перше рівняння описує поширення температури внаслідок руху повітряних мас. Друге рівняння описує поширення температури внаслідок теплопровідності. Для числового інтегрування першого рівняння використано неявну різницеву схему розщеплення. Для числового інтегрування другого рівняння застосовується метод Річардсона. *Наукова новизна.* Розроблено ефективну числову модель, що дозволяє методом обчислювального експерименту визначати ризик термічного ураження людей у разі виникнення пожежі в транспортному коридорі. Модель базується на числовому інтегруванні фундаментальних рівнянь гідроаеродинаміки та тепломасопереносу, яка дозволяє врахувати деформацію полів температури в повітрі внаслідок впливу різного роду перешкод. *Практична значущість.* Розроблена модель дозволяє прогнозувати динаміку зміни температурних полів у повітрі, що виникають під час пожежі. Модель може бути використана для серійних розрахунків з метою визначення зон ризику термічного ураження людей. *Висновки.* Створено код для проведення обчислювального експерименту на базі розроблених числових моделей, який дозволяє швидко, на комп'ютерах середньої потужності, розрахувати температурні поля, що формуються під час пожежі. На основі цієї інформації прогнозується ризик термічного ураження. Наведені результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: *числове моделювання; ризик ураження; аварійне горіння; теплове забруднення повітря*

ОЦЕНКА РИСКА ТЕРМИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ В СЛУЧАЕ АВАРИЙНОГО ГОРЕНИЯ

БЕЛЯЕВ Н. Н.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
БЕРЛОВ А. В.^{2*}, *канд. техн. наук, доц.*,
БЕЛЯЕВА В. В.³, *канд. техн. наук, доц.*,
ЧЕРЕДНИЧЕНКО Л. А.⁴, *канд. техн. наук, доц.*

^{1*} Кафедра гідравліки и водоснабжения, Днипровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 273-15-09, e-mail: gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, 49600, Дніпро, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: berlov.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID:0000-0002-7442-0548

^{3*} Кафедра «Аэрогидромеханика и энергоперенос», Дніпровский национальный университет имени Олеса Гончара, пр. Гагарина, 72, 49000, Дніпро, Украина, тел. +38 (056) 374-98-22, e-mail: water.supply.treatment@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2399-3124

^{4*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, 49600, Дніпро, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: cherednychenko.liudmyla@pgasa.dp.ua, ORCID ID:0000-0002-1457-9282

Аннотация. Постановка проблемы. Рассматривается задача оценки риска термического поражения людей при пожаре на железнодорожном транспорте. Ставится задача определения температурных полей при пожаре и прогнозирования на базе этой информации риска термического поражения людей. **Цель работы** – разработка численной модели для оценки риска термического поражения людей. **Методика.** Для моделирования процесса теплового загрязнения атмосферного воздуха использовано двухмерное уравнение энергии. Поле скорости воздушного потока рассчитывается на базе гидродинамической модели безвихревых течений идеальной жидкости. Для численного интегрирования этого уравнения используется метод Рундсона. Для численного интегрирования уравнения энергии осуществляется расщепление этого уравнения на два дифференциальных уравнения. Первое уравнение описывает распространение температуры вследствие движения воздушных масс. Второе описывает распространение температуры вследствие теплопроводности. Для численного интегрирования первого уравнения используется неявная разностная схема расщепления. Для численного интегрирования второго уравнения используется метод Рундсона. **Научная новизна.** Разработана эффективная численная модель, позволяющая методом вычислительного эксперимента определять риск термического поражения людей при возникновении пожара в транспортном коридоре. Модель базируется на численном интегрировании фундаментальных уравнений гидроаэродинамики и теплопереноса, и позволяет учесть деформацию полей температуры в воздухе в результате воздействия разного рода препятствий. **Практическая значимость.** Разработанная модель позволяет прогнозировать динамику изменения температурных полей в воздухе, возникающих при пожаре. Модель может быть использована для проведения серийных расчетов с целью определения зон риска термического поражения людей. **Выводы.** Создан код для проведения вычислительного эксперимента на базе разработанных численных моделей. Разработанный код позволяет быстро на компьютерах средней мощности рассчитать температурные поля, формирующиеся при пожаре. На основе этой информации прогнозируется риск термического поражения. Представлены результаты вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: численное моделирование; риск поражения; аварийное горение; тепловое загрязнение воздуха

RISK ASSESSMENT OF THERMAL DAMAGE IN THE EVENT OF EMERGENCY BURNING

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.*

CHEREDNYCHENKO L.A.⁴, *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., 49010, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 273-15-09, e-mail: gidravlika2013@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1531-7882

^{2*} Department of Workplace Safety and Health, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: berlov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-7442-0548

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

⁴ Department of Workplace Safety and Health, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: cherednychenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-1457-9282

Abstract. Problem statement. The task of assessing the risk of thermal damage to people in case of fire is considered. We consider a fire in the railway transport. The task is to determine the temperature fields in a fire and predict the risk of thermal damage to people based on this information. **The purpose of the article.** Development of a numerical model for assessing the risk of thermal damage to people. **Methodology.** To simulate the process of thermal pollution of atmospheric air, a two-dimensional energy equation is used. The air velocity field is calculated on the basis

of a hydrodynamic model of irrotational flows of an ideal fluid. For the numerical integration of this equation, the Richardson method is used. For the numerical integration of the energy equation, this equation is split into two differential equations. The first equation describes the distribution of temperature due to the movement of air masses. The second equation describes the distribution of temperature due to thermal conductivity. For the numerical integration of the first equation, an implicit difference splitting scheme is used. For numerical integration of the second equation, the Richardson method is used. **Scientific novelty.** An effective numerical model has been developed that allows the method of computational experiment to determine the risk of thermal injury to people in the event of a fire in the transport corridor. The model is based on the numerical integration of the fundamental equations of hydroaerodynamics and heat and mass transfer. The model allows to take into account the deformation of temperature fields in the air due to the influence of various obstacles. **Practical significance.** The developed model allows to predict the dynamics of changes in temperature fields in the air that occur during a fire. The model can be used for serial calculations to determine areas of risk of thermal injury to humans. **Conclusions.** The code for carrying out computational experiment on the basis of the developed numerical models is created. The developed code allows you to quickly, on medium-power computers, calculate the temperature fields generated by a fire. Based on this information, the risk of thermal damage is predicted. The results of a computational experiment are presented.

Keywords: numerical simulation; risk of injury; accidental burning; thermal air pollution

Постановка проблеми. Прогнозування ризику ураження людей у різних аварійних ситуаціях відносять до класу дуже складних, тому що величина цього ризику залежить від багатьох факторів [1–3]. Серед задач цього класу необхідно виділити окремо термічне ураження людей.



Рис.1. Пожежа на залізничній станції
(<https://delo.ua/economyandpoliticsinukraine/v-cherkasskoj-oblasti-soshli-s-relsov-vagony-s-neftjugarjat-zhi-245148/>)

Небезпека термічного ураження людей виникає за різних аварійних ситуацій (пожежі на транспорті, рис. 1, тощо) і це створює проблему адекватного визначення ризику такого ураження за впливу різних фізичних факторів.

Температура повітря біля місця горіння може бути дуже високою. Рух повітряних мас спричинює формування зон термічного ураження на певній відстані від місця горіння. В цій зоні небезпеки можуть бути різні об'єкти, що мають соціальне значення.

Для оцінювання ризику можливого термічного ураження людей потрібно розробляти спеціалізовані математичні моделі.

Аналіз останніх досліджень. Для оцінювання техногенних ризиків широко використовуються три класи моделей: емпіричні, аналітичні, числові [4; 6; 8; 9–12]. Моделі кожного класу мають свої переваги та недоліки. Але наразі існує певний дефіцит моделей, що дозволяють визначити техногенний ризик з урахуванням комплексу фізичних факторів, які впливають на його величину (наприклад, урахування рельєфу місцевості, наявності різного роду перешкод та т. ін.). Тому розроблення таких моделей стає актуальним науковим завданням.

Мета статті – побудова CFD моделі для експрес- оцінювання ризику термічного ураження під час пожежі у транспортному коридорі.

Методика. Ризик термічного ураження виникає у разі аварійного горіння вантажів, що транспортуються в значній кількості залізницею. У цьому випадку виникає задача оцінювання ризику ураження з метою визначення небезпечних зон біля транспортного коридору. Будемо враховувати, що якщо температура повітря в робочій зоні складає понад 100°C , за якої має місце повна денатурація білка), то в цій точці робочої зони приймається, що ризик ураження дорівнює 100 %.

Базовим рівнянням для розрахунку теплових полів є рівняння енергії [2; 5; 7]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} = \text{div}(a \text{ grad } T), \quad (1)$$

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

Розглянемо граничні умови для рівняння (1) [7]:

1. На межі, де повітряний потік входить в область:

$$T = T_{in},$$

де T_{in} – фонові температура повітря.

2. На межі, де повітряний потік виходить із розрахункової зони:

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

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

3. На поверхні об'єктів $\frac{\partial T}{\partial n} = 0$.

Початкова умова ($t=0$): $T = T_0$, де T_0 – температура повітря там, де має місце пожежа, в іншій частині розрахункової області температура дорівнює фоновій температурі [7].

Оскільки ми будемо розглядати процес формування температурних полів в області, де є різного роду перешкоди – наприклад, вагони, потрібно врахувати в математичній моделі деформацію поля температури за взаємодії нагрітого потоку з перешкодами. Врахування цього впливу можливо здійснити, якщо ми розрахуємо деформацію поля швидкості повітряного потоку під час обтікання перешкод. Для розв'язання цієї задачі будемо використовувати таке рівняння гідродинаміки

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

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

де P – потенціал швидкості.

Граничні умови [2; 5; 7]:

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

2. $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$ – на границі, де потік, V_n – відома швидкість повітря;

3. $P = \text{const}$ – на границі «виходу» потоку.

На базі рівняння (2) та залежностей (3) визначається деформація поля швидкості повітряного потоку за наявності перешкод.

Методика розв'язання. Для числового інтегрування рівнянь (1), (2) застосовується скінченно - різницевий метод розв'язання. Числове інтегрування здійснюється на прямокутній різницевій сітці. Температура повітря та значення потенціалу швидкості повітряного потоку розраховуються в центрах різницевих комірок. Компоненти вектора швидкості визначаються на сторонах різницевих комірок.

Для числового інтегрування (2) приведемо його до вигляду:

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

де t – фіктивний час.

Для числового інтегрування цього рівняння застосовуємо метод Річардсона. Розрахункова залежність у такому випадку має вигляд:

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

Процедура визначення потенціалу швидкості закінчується, коли:

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

де ε – мале число. Для початку розрахунку приймаємо $t = 0$; $P = 0$.

Далі здійснюється розрахунок швидкості повітряного потоку:

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

Після розрахунку швидкості повітряного потоку починається розв'язання рівняння енергії. Для нього також використовуємо неявну різницеву схему розщеплення. Спочатку виконаємо таке розщеплення:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial x} + \frac{\partial vT}{\partial y} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a_y \frac{\partial T}{\partial y} \right). \quad (7)$$

Для числового інтегрування рівняння (6) ми використовуємо такі залежності [2; 5; 7]:

$$\frac{\partial uT}{\partial x} = \frac{\partial u^+T}{\partial x} + \frac{\partial u^-T}{\partial x},$$

$$\frac{\partial vT}{\partial y} = \frac{\partial v^+T}{\partial y} + \frac{\partial v^-T}{\partial y},$$

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

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

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

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

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

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

Схема розщеплення для рівняння (6) записується так [2; 5; 7]:

– на першому кроці різницеве рівняння має вигляд:

$$\frac{T_{i,j}^k - T_{i,j}^n}{\Delta t} + L_x^+ T^k + L_y^+ T^k = 0; \quad (8)$$

– на другому кроці розщеплення різницеве рівняння має вигляд:

$$\frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^k}{\Delta t} + L_x^- T^{n+1} + L_y^- T^{n+1} = 0; \quad (9)$$

$$\frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^k}{\Delta t} + L_x^- T^{n+1} + L_y^- T^{n+1} = 0. \quad (10)$$

Для числового інтегрування рівняння (10) застосовується метод Річардсона. Розрахункова залежність має вигляд:

$$T_{i,j}^{n+1} = T_{i,j}^n + \Delta t \frac{T_{i+1,j}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j}^n}{\Delta x^2} a_x + \Delta t \frac{T_{i,j+1}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j-1}^n}{\Delta y^2} a_y. \quad (11)$$

Невідоме значення температури T в кожному рівнянні обчислюється за формулою «біжучого рахунку».

Здійснено програмну реалізацію розглянутих різницевоїх залежностей. Для програмування використано мову FORTRAN.

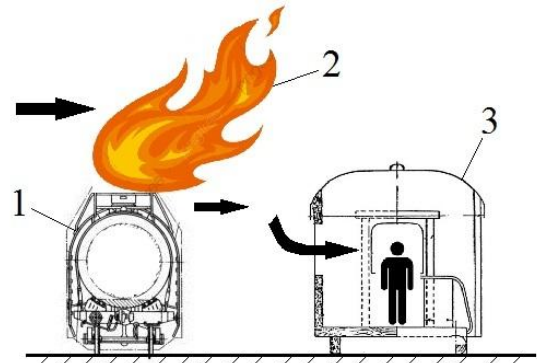


Рис. 2. Схема розрахункової області: 1 – місце горіння; 2 – полум'я; 3 – пасажирський вагон

Результати. На базі розробленої числової моделі проведено обчислювальний експеримент.

На рисунку 2 показано схему розрахункової області.

На рисунках 3 – 5 показано зміну температури в розрахунковій області. Кожне число показує температуру у відсотках, від максимальної $T = 1000^\circ C$, тобто, наприклад, числу 47 на рисунку відповідає температура $T = 470^\circ C$. Такий друк температурного поля дуже зручний для швидкого аналізу теплового забруднення повітря та визначення меж зони ризику термічного ураження, тобто зони, де температура перевищує $T = 100^\circ C$.

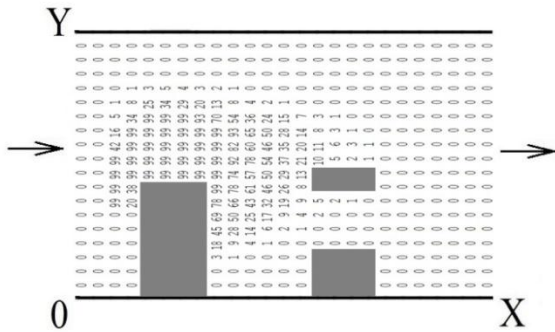


Рис. 3. Зона теплового забруднення (ізотерми), $t = 5$ с

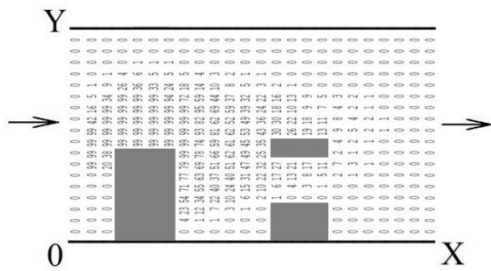


Рис. 4. Зона теплового забруднення (ізотерми), $t = 10$ с

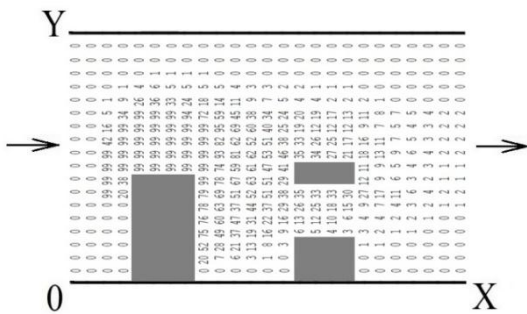


Рис. 5. Зона теплового забруднення (ізотерми), $t = 15$ с

Як бачимо з наведених рисунків, біля місця пожежі формується інтенсивна зона теплового забруднення. Дуже швидко нагріте повітря потрапляє всередину пасажирського вагона, що викликає ризик термічного ураження людей у вагоні. Для аналізу ризику термічного ураження людей

у вагоні побудовано графік зміни температури із часом усередині вагона (рис. 6).

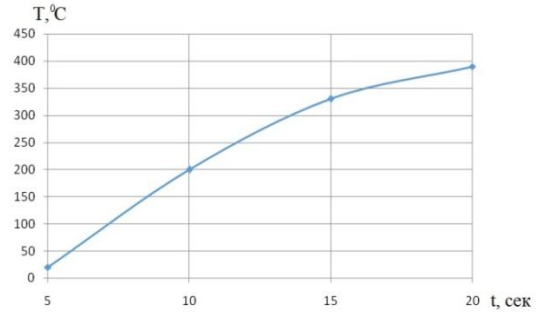


Рис. 6. Зміна температури повітря в середині вагону

Із рисунка 6 видно, що приблизно за 8 с після початку пожежі температура всередині вагона перевищує $T = 100^{\circ}\text{C}$. Тобто це момент часу, коли виникає ризик термічного ураження людей у вагоні, з важкими наслідками.

Зазначимо, що час розрахунку склав 4 секунди.

Висновки. 1. Розроблено ефективну числову модель для оцінювання ризику термічного ураження людей у випадку пожежі на залізничному транспорті.

2. Розроблена модель базується на використанні рівняння енергії та рівняння руху повітряних мас. Особливість моделі полягає у швидкості розрахунку на комп'ютері.

3. Результати обчислювального експерименту показали, що для сценарію, який розглядався, під час пожежі в транспортному коридорі, протягом 10 с виникає ризик термічного ураження людей в пасажирському вагоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алымов В. Т., Тарасова Н. П. Техногенный риск: Анализ и оценка : учеб. пособ. для вузов. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2004. 118 с.
2. Беляев Н. Н., Гунько Е. Ю., Росточило Н. В. Защита зданий от проникновения в них опасных веществ : монография. Днепро : «Акцент ПП», 2014. 136 с.
3. Беляев Н. Н., Гунько Е. Ю., Кириченко П. С., Мунтян Л. Я. Оценка техногенного риска при эмиссии опасных веществ на железнодорожном транспорте. Кривой Рог : изд. Р. А. Козлов, 2017. 127 с.
4. Стоецкий В. Ф., Голинько В. И., Дранишников Л. В. Оценка риска при авариях техногенного характера. *Науковий вісник НГУ*. 2014. № 3. С. 117–124.
5. Згуровский М. З., Скопецкий В. В., Хрущ В. К., Беляев Н. Н. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст]. Київ : Наук. думка, 1997. 368 с.

6. Anthony Michael Barret. Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense: Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectiveness. Dissertation. (Pittsburg, Pennsylvania, USA), 2009. 123 p.
7. Biliaiev M. Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography. *Air Pollution Modeling and its Application XXI (Springer)*. 2012. Pp. 87–91.
8. Chan W. R., Nazaroff W. W., Price P. N., Gadgil A. J. Effectiveness of Urban Shelter-in-Place. II: Residential Districts, 2008. 31 p. URL: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/928232> (Accessed 29 March 2014). doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.059.
9. Ilic P., Ilic S., Stojanovic Bjelic L. Hazard modelling of accidental release chlorine gas using modern tool. ALOHA Software, Quality of Life. 9. 2018. Pp. 38–45.
10. John S. Nasstrom, Gayle Sugiyama, Ronald L. Baskett, Shawn C. Larsen and Michael M. Bradley. The National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC) Modeling and Decision Supports System for Radiological and NUCLEAR Emergency Preparedness and Response. *Int. J. Emergency Management*. 2007. № 3, vol. 4. Pp. 1–32.
11. Lacombe J.-M., Truchot D., Duplantier S. Application of an innovative risk dedicated procedure for both conventional and 3D atmospheric dispersion models evaluation. *18th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*. 2017. Pp. 1–5.
12. Cejun Cao and others. Multi-Objective Optimization Model of Emergency Organization Allocation for Sustainable Disaster Supply Chain. 2017. Vol. 9, iss.11. doi: 10.3390/su9112103.

REFERENCES

1. Alymov V.T. and Tarasova N.P. *Tekhnogenyy risk: Analiz i otsenka: uchebnoye posobiye dlya vuzov* [Technogenic risk: Analysis and evaluation : A manual for higher education institutions]. Moscow : IKTs «Akademkniga», 2004, 118 p. (in Russian)
2. Belyayev N.N., Gunko E.Yu. and Rostochilo N.V. *Zashchita zdaniy ot proniknoveniya v nikh opasnykh veshchestv : monografiya* [Protection of buildings from the penetration of hazardous substances into them : monograph]. Dnipropetrovsk : «Aktsept PP», 2014, 136 p. (in Russian)
3. Belyaev N.N., Gun'ko E. Yu., Kirichenko P.S. and Muntyan L.Ya. *Otsenka tekhnogenogo riska priemissii opasnykh veshchestv na zheleznodorozhnom transporte* [Assessment of man-made risk in the emission of hazardous substances in railway transport]. Krivoy Rog : Kozlov R. A. Publ., 2017, 127 p. (in Russian)
4. Stoetskiy V.F., Golin'ko V.I. and Dranishnikov L.V. *Otsenka riska pri avariyaakh tekhnogenogo kharaktera* [Risk assessment for accidents of anthropogenic nature]. *Naukovyi visnyk NHU* [Scientific bulletin of NMU]. 2014, no. 3, pp. 117–1124. (in Russian)
5. 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)
6. Anthony Michael Barret. Mathematical Modeling and Decision Analysis for Terrorism Defense: Assessing Chlorine Truck Attack Consequence and Countermeasure Cost Effectiveness. Dissertation. Pittsburg, Pennsylvania, USA, 2009, 123 p.
7. Biliaiev M. Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography. *Air Pollution Modeling and its Application XXI (Springer)*. 2012, pp. 87–91.
8. Chan W.R., Nazaroff W.W., Price P.N. and Gadgil A.J. Effectiveness of Urban Shelter-in-Place. II: Residential Districts, 2008. 31 p. URL: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/928232> (Accessed 29 March 2014). doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.059.
9. Danijela Ilić Komatina, Jovana Galjak and Svetlana Belošević. Simulation of chemical accidents with acetylene in „messer tehnogas“ kraljevo plant by „aloha“ software program. Publication in Natural Sciences. 2018, 8(2). doi:10.5937/univtho8-18014.
10. John S. Nasstrom, Gayle Sugiyama, Ronald L. Baskett, Shawn C. Larsen and Michael M. Bradley. The National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC) Modeling and Decision Supports System for Radiological and NUCLEAR Emergency Preparedness and Response. *Int. J. Emergency Management*. 2007, no. 3, vol. 4, pp. 1–32.
11. Lacombe J.M., Truchot D. and Duplantier S. Application of an innovative risk dedicated procedure for both conventional and 3D atmospheric dispersion models evaluation. 18th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. 2017.
12. Cao C., Li C., Yang Q. and Zhang F. Multi-Objective Optimization Model of Emergency Organization Allocation for Sustainable Disaster Supply Chain. *Sustainability*. 2017, 9 (11). doi: 10.3390/su9112103.

Надійшла до редакції: 12.09.20.

УДК 331.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.61.699

СУЧАСНИЙ СТАН ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ В ГАЛУЗІ ХІМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

ГАРМАШ С. М.^{1*}, канд. с-г. наук, доц.,
ПЛИС М. М.²,
ГЕРАСИМЕНКО В. О.³, канд. хім. наук, доц.,
ШАТАЛІН Д. Б.⁴, канд. с-г. наук, доц.

^{1*} 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

² Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 510-41-69, 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», пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 250-58-65, 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», пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 645-56-22, e-mail: dmitrij.shatalin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9227-0320

Анотація. Постановка проблеми. Хімічні речовини та промислові відходи негативно впливають на здоров'я людей та навколишнє середовище. Наразі основна проблема на хімічно небезпечних об'єктах – своєчасно надавати відповідним органам інформацію про забруднення навколишнього середовища небезпечними хімічними речовинами для прийняття рішень щодо реагування на надзвичайні ситуації. **Мета роботи** – вивчення сучасного стану хімічно небезпечних об'єктів України, сучасних ЄС і законопроектів України з метою поліпшення державного регулювання обігу хімічної продукції та забезпечення її безпечного використання або використання з мінімальними ризиками для здоров'я людини та довкілля. **Висновки.** Підприємства хімічного комплексу являють собою потенційну небезпеку для життя, здоров'я людей та екосистеми, особливо у надзвичайних ситуаціях, спричинених викидом хімічно небезпечних речовин із можливим комплексом уражуючих впливів (вибухи, пожежі, токсичні ураження людей і тварин). Для хімічно небезпечних підприємств доцільно впровадити: «Правила техногенної безпеки» на території небезпечних об'єктів у міській зоні, які дозволяють утримувати небезпечні хімічні речовини в обсягах, передбачених проектними нормами зберігання та технологічними регламентами; «Методику спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки», яка допоможе своєчасно надавати органам управління Єдиної державної системи цивільного захисту інформацію про забруднення навколишнього середовища небезпечними хімічними речовинами для прийняття рішень щодо реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з викидом небезпечних хімічних речовин; диспетчерську службу підприємства, пост радіаційного та хімічного спостереження, розрахунково-аналітичну групу. Закон «Про хімічну безпеку» (наразі триває робота над законопроектом) дозволить визначити правові засади у галузі хімічної безпеки, спрямовані на обмеження негативного впливу техногенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та життєдіяльність населення, встановити відносини, які виникають у сфері обігу хімічної продукції та поводження з нею, визначити повноваження органів виконавчої влади, права й обов'язки підприємств, установ, організацій та громадян, з урахуванням міжнародних зобов'язань України у цій сфері.

Ключові слова: хімічна безпека; сучасні законопроекти; правила; методики

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ГАРМАШ С. Н.^{1*}, канд. с-х. наук, доц.,
ПЛИС М. М.²,
ГЕРАСИМЕНКО В. А.³, канд. хім. наук, доц.,
ШАТАЛИН Д. Б.⁴, канд. с-х. наук, доц.

^{1*} Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», пр. Гагарина, 8, 49005, Днепро, Украина, тел. +38 (095) 538-71-38, e-mail: svgarmash@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2658-162X

² Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», пр. Гагарина, 8, 49005, Днепро, Украина, тел. +38 (099) 510-41-69, e-mail: plisbig@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8127-0077

³ Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», пр. Гагарина, 8, 49005, Днепро, Украина, тел. +38 (099) 250-58-65, e-mail: gerasim_vlad@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3369-4267

⁴ Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», пр. Гагарина, 8, 49005, Днепро, Украина, тел. +38 (096) 645-56-22, e-mail: dmitrij.shatalin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9227-0320

Аннотация. Постановка проблемы. Химические вещества и промышленные отходы негативно влияют на здоровье людей и окружающую среду. В настоящее время основная проблема на химически опасных объектах – своевременно предоставлять соответствующим органам информацию о загрязнении окружающей среды опасными химическими веществами для принятия решений по реагированию на чрезвычайные ситуации. **Цель работы** – изучение современного состояния химически опасных объектов Украины, современных ЕС и законопроектов Украины с целью улучшения государственного регулирования обращения химической продукции и обеспечения ее безопасного использования или использования с минимальными рисками для здоровья человека и окружающей среды. **Выводы.** Предприятия химического комплекса представляют собой потенциальную опасность для жизни, здоровья людей и экосистемы, особенно при чрезвычайных ситуациях, вызванных выбросом химически опасных веществ с возможным комплексом поражающих воздействий (взрывы, пожары, токсические поражения людей и животных). Для химически опасных предприятий целесообразно внедрить «Правила техногенной безопасности» на территории опасных объектов в городской зоне, которые позволяют содержать опасные химические вещества в объемах, предусмотренных проектными нормами хранения и технологическими регламентами; «Методику наблюдений по оценке радиационной и химической обстановки», которая поможет своевременно предоставлять органам управления Единой государственной системы гражданской защиты информацию о загрязнении окружающей среды опасными химическими веществами для принятия решений по реагированию на чрезвычайные ситуации, связанные с выбросом опасных химических веществ; диспетчерскую службу предприятия, пост радиационного и химического наблюдения, расчетно-аналитическую группу. Закон «О химической безопасности» (пока идет работа над законопроектом) позволит определить правовые основы в области химической безопасности, направленные на ограничение негативного влияния техногенной деятельности на состояние окружающей природной среды и жизнедеятельность населения, установить отношения, возникающие в сфере обращения химической продукции и обращения с ней, определить полномочия органов исполнительной власти, права и обязанности предприятий, учреждений, организаций и граждан, с учетом международных обязательств Украины в этой сфере.

Ключевые слова: химическая безопасность; современные законопроекты; правила; методики

THE CURRENT STATE OF NATIONAL SYSTEM OF NORMATIVE REGULATION IN THE FIELD OF CHEMICAL SAFETY

GARMASH S.M.^{1*}, *Cand. Sc. (Agr.), Assoc. Prof.*,

PLIS M.M.²,

GERASIMENKO V.A.³, *Cand. Sc. (Chem.), Assoc. Prof.*,

SHATALIN D.B.⁴, *Cand. Sc. (Agr.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Education Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Haharina ave., 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 538-71-38, e-mail: svgarmash@ukr.net; ORCID ID: 0000-0002-2658-162X

² Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Education Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Haharina ave., 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (099) 510-41-69, e-mail: plisbig@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8127-0077

³ Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Education Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Haharina ave., 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (099) 250-58-65, e-mail: gerasim_vlad@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3369-4267

⁴ Department of Labour Protection and Life Safety, State Higher Education Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Haharina ave., 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (096) 645-56-22, e-mail: dmitrij.shatalin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9227-0320

Abstract. Problem statement. Chemicals and industrial waste adversely affect human health and the environment. At present, the main problem at chemically hazardous facilities is to timely provide relevant authorities with information on environmental pollution with hazardous chemicals for decision-making on emergency response. **Purpose of the article.** Studying the current state of chemically hazardous facilities in Ukraine, modern EU projects regulatory documents, draft laws of Ukraine with the aim of improving state regulation of the circulation of chemical products and ensuring their safe use or use with minimal risks to human health and the environment. **Conclusions.** Chemical industry enterprises pose a potential danger to life, human health and the ecosystem, especially in emergencies caused by the release of chemically hazardous substances with a possible complex of damaging effects (explosions, fires, toxic injuries of people and animals). For chemically hazardous enterprise it is advisable to implement: 1. "The Rules of technogenic safety" on the territory of hazardous facilities in the urban zone, which allow containing hazardous chemicals in volumes provided for by the design storage standards and technological regulations. 2. "A methodology for observing the assessment of radiation and chemical conditions", which will help to timely provide the governing bodies of the unified state system of civil protection with information on environmental pollution with hazardous chemicals for decision-making on emergency response related to the release of hazardous chemicals. 3. Enterprise dispatch service, radiation and chemical observation post, settlement and analytical group. 4. The law "About chemical safety" will determine the legal framework in the field of chemical safety aimed at limiting the negative impact of technological activities on the state of the environment and the livelihoods of the population, and establish relations in the field of circulation of chemical products, to determine the powers of executive authorities, the rights and obligations of enterprises, institutions, organizations and citizens, taking into account the international obligations of Ukraine in this area.

Keywords: *chemical safety; modern bills; rules; methods*

Постановка проблеми. В Україні функціонує понад 2 000 підприємств хімічної промисловості, ключовий сегмент якої становить виробництво основної хімічної продукції, добрив і азотних сполук, пластмас і синтетичного каучуку в первинних формах. Підприємства хімічні, нафтопереробні комплекси, нафто-, газо- та аміакопроводи – це постійні джерела забруднення довкілля викидами в атмосферу хлористого водню, оксидів азоту та сірки, сірководню, чотирихлористого вуглецю, дихлоретану, формальдегіду, аміаку, хлору, діоксинів, органічних розчинників, а також скиди, що містять важкі метали, ціаніди, інші органічні речовини [2; 5]. Хімічні речовини та промислові відходи негативно впливають на здоров'я людей та навколишнє середовище.

У прийнятій Кабінетом Міністрів України «Концепції підвищення рівня хімічної безпеки» визначено основні шляхи і способи формування збалансованої державної політики з питань підвищення рівня хімічної безпеки з урахуванням світового досвіду у сфері поводження з хімічними речовинами, налагодження співробітництва з відповідними органами іноземних держав і міжнародними організаціями для зниження вірогідності заподіяння шкоди життю і здоров'ю людей та довкіллю у процесі поводження з

хімічними речовинами [11]. Наразі основна проблема на хімічно небезпечних об'єктах – своєчасно надавати відповідним органам інформацію про забруднення навколишнього середовища небезпечними хімічними речовинами для прийняття рішень щодо реагування на надзвичайні ситуації.

Аналіз публікацій Про високий рівень хімічної небезпеки в сучасному світі свідчать зростання масштабів хімічного виробництва, досягнення хімії в галузі органічного синтезу, величезне розмаїття синтезованих речовин із високою токсичністю [6]. Збільшується концентрація забруднювачів у навколишньому середовищі, зокрема, високотоксичних хімічних сполук, мутагенних та канцерогенних органічних речовин. Значна кількість будівель і споруд не відповідають вимогам будівельних норм або потребують капітального ремонту. Крім того, на підприємствах використовуються застарілі технології, неефективно працюють колективні засоби захисту тощо. [3; 4].

Особливу небезпеку для населення та навколишнього природного середовища становлять аміакопроводи, хімічне виробництво, відстійники, сховища небезпечних речовин тощо. Більшість підприємств усіх галузей промисловості працює на технічно застарілому обладнанні,

споживаючи велику кількість природних ресурсів, у тому числі мінеральної сировини. Виробництво супроводжується утворенням великої кількості відходів і побічних продуктів, які не утилізуються, складуються у відвалах та хвостосховищах. У середньому із 100 % хімічної сировини, яка переробляється, на готову продукцію перетворюється лише 40 % [6].

Найбільш поширені небезпечні хімічні речовини на підприємствах хімічної промисловості – це аміак, хлор двоокис азоту, акрилонітрил, сірковий ангідрид, концентрована азотна та сірчана кислоти, метанол, бензол, їдкий натр, формалін тощо. Серйозну загрозу для життя і здоров'я людей та довкілля становлять непридатні до використання хімічні засоби захисту рослин (пестициди, отрутохімікати тощо), яких у державі накопичено близько 7,8 тис. тонн. Понад третина складів для їх зберігання перебувають у незадовільному стані й не відповідають санітарно-екологічним нормам [1].

Згідно з прийнятими у 2018 р. «Правилами техногенної безпеки» на території небезпечних об'єктів, які розташовані в міській зоні, допускається утримувати небезпечні хімічні речовини (НХР) в обсягах, передбачених проектними нормами зберігання (накопичення) та технологічними регламентами [10].

На майданчиках (у будівлях) небезпечних об'єктів, розташованих у замиській зоні, кількість НХР не може перевищувати 2 тис. тонн у разі зберігання на одному майданчику, якщо ці майданчики розташовані на відстані не менше ніж 500 м один від одного [10].

Загальна кількість НХР на всіх майданчиках небезпечних об'єктів, розташованих на відстані менше ніж 500 м один від одного, не може перевищувати 2 тис. тонн.

На всіх небезпечних об'єктах, які виробляють, транспортують, переробляють або зберігають НХР і радіоактивні речовини, мають:

– розроблятися відповідні посадові інструкції (обов'язки) і визначатися

критерії, методи та методики із забезпечення спостережень щодо оцінювання радіаційної та хімічної обстановки;

– здійснюватися практичні заходи з радіаційного і хімічного спостереження;

– створюватися запаси дезактивувальних та дегазувальних засобів.

За «Методикою спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки» радіаційне та хімічне спостереження здійснюється з метою своєчасного надання органам управління Єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДС ЦЗ) інформації про забруднення навколишнього середовища радіоактивними та небезпечними хімічними речовинами для прийняття рішень щодо реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з викидом радіоактивних та небезпечних хімічних речовин [9].

У цій Методиці передбачена диспетчерська служба підприємства, яка здійснює цілодобове чергування; пост радіаційного та хімічного спостереження (ПРХС), що здійснює періодичне або постійне радіаційне та хімічне спостереження відповідно до встановлених завдань; розрахунково-аналітична група (РАГ) – формування цивільного захисту, що здійснює збирання, опрацювання, аналіз та збереження інформації про радіаційну та хімічну обстановку для органів управління Єдиної державної системи цивільного захисту.

Залежно від режимів функціонування ЄДС ЦЗ радіаційне і хімічне спостереження здійснюється:

– у режимі підвищеної готовності, надзвичайної ситуації або надзвичайного стану – шляхом посилення спостереження із залученням диспетчерських служб та ПРХС, вимірювання в межах зони відповідальності потужності експозиційної (еквівалентної) дози, визначення типу і концентрації небезпечних хімічних речовин та відбору проб ґрунту, води для лабораторних досліджень. Спостереження здійснюється в строки, визначені органами управління ЄДС ЦЗ залежно від обстановки;

– у режимі функціонування ЄДС ЦЗ в особливий період – із залученням диспетчерських служб та ПРХС згідно з планами цивільного захисту на особливий період.

В Європейському союзі (ЄС) діє Регламент «REACH» – Реєстрація, оцінка і видача дозволів на виробництво та використання хімічних речовин» [12], основна мета якого полягає в забезпеченні високого рівня захисту здоров'я людини і навколишнього середовища, включаючи сприяння альтернативним методам оцінювання небезпеки речовин, а також вільний обіг речовин на внутрішньому ринку ЄС, підвищуючи при цьому конкуренто-спроможність хімічної промисловості країн ЄС та сприяючи впровадженню інноваційних технологій [7; 8].

Координатор проектів ОБСЄ в Україні реалізовує проект «Вдосконалення національної системи нормативного регулювання у сфері хімічної безпеки та захисту» із метою удосконалення українського законодавства задля зменшення ризиків потенційної шкоди, що може бути завдана небезпечними хімічними речовинами здоров'ю робітників, споживачів та довкілля, а також попередженню несанкціонованого доступу до токсичних речовин, особливо подвійного використання [13]. Проект розроблений Центром запобігання конфліктів ОБСЄ спільно з Координатором проектів ОБСЄ в Україні, у тісній співпраці із державними органами влади України на основі проведеного у 2015 році Комплексного огляду стану хімічної безпеки в Україні, відповідно до резолюції Ради Безпеки ООН № 1540 (2004). Проект фінансується спільно Євросоюзом та урядом США.

Мета проекту – розроблення національних нормативно-правових актів України для ефективного поліпшення державного регулювання обігу хімічної продукції та забезпечення її безпечного використання або використання з мінімальними ризиками для здоров'я людини та довкілля.

У рамках спільного проекту координатора проектів ОБСЄ в Україні та Мінекономрозвитку розроблено проекти національних технічних регламентів «Про безпеку хімічної продукції» (аналог Регламенту ЄС REACH) і «Про класифікацію, маркування та пакування хімічної продукції» (аналог Регламенту ЄС CLP) [12].

Згідно з технічним регламентом «Про безпеку хімічної продукції» передбачається впровадити:

- реєстрацію хімічних речовин за схемою згідно з Регламентом ЄС REACH;
- поглиблену ризикорієнтовану оцінку небезпеки для здоров'я людини та довкілля;
- обмеження використання, виведення з ринку, тимчасові дозволи на використання хімічних речовин;
- створення публічного та конфіденційного реєстру (бази даних) хімічних речовин;
- впровадження нової форми паспорта безпеки хімічних речовин.

Триває робота над законопроектом «Про хімічну безпеку». Цей закон визначає правові засади у галузі хімічної безпеки, спрямовані на обмеження негативного впливу техногенної діяльності в хімічному аспекті на стан навколишнього природного середовища та життєдіяльність населення, встановлює відносини, які виникають у сфері обігу хімічної продукції та поводження з нею, визначає повноваження органів виконавчої влади, права й обов'язки підприємств, установ, організацій та громадян, з урахуванням міжнародних зобов'язань України у цій сфері [13].

Мета статті – огляд сучасного стану хімічно небезпечних об'єктів України, сучасних ЄС і законопроектів України з метою поліпшення державного регулювання обігу хімічної продукції та забезпечення її безпечного використання або використання з мінімальними ризиками для здоров'я людини та довкілля.

Результати досліджень. Результати аналітичного огляду використаних джерел свідчать, що підприємства хімічного комплексу являють собою потенційну

небезпеку для життя, здоров'я людей та екосистеми. Особливу небезпеку становлять надзвичайні ситуації, зумовлені викидом хімічно небезпечних речовин, оскільки в цьому разі можливий комплекс уражуючих впливів (вибухи, пожежі, токсичні ураження людей і тварин) під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах. Така ситуація зумовлена високим ступенем зносу основних фондів промислових виробництв, використанням застарілих технологій, несанкціонованою забудовою санітарно-захисних зон та іншими негативними чинниками.

Серйозну загрозу для життя і здоров'я людей та довкілля становлять непридатні до використання хімічні засоби захисту рослин (пестициди, отрутохімікати тощо), які зберігаються на складах, що перебувають у незадовільному стані та не відповідають санітарно-екологічним нормам.

Кількість хімічних речовин на території небезпечних об'єктів, розташованих у міській зоні, перевищує обсяги, передбачені проектними нормами зберігання та технологічними регламентами.

Згідно з прийнятими у 2018 р. «Правилами техногенної безпеки» на території небезпечних об'єктів, які розташовані в міській зоні, кількість НХР не може перевищувати 2 тис. тонн у разі зберігання на одному майданчику, якщо ці майданчики розташовані на відстані не менше ніж 500 м один від одного.

Доцільно на хімічно небезпечних об'єктах скоріше впровадити «Методику спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки» (2020 р.) з метою своєчасного надання органам управління єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДС ЦЗ) інформації про забруднення навколишнього середовища радіоактивними та небезпечними хімічними речовинами для прийняття рішень щодо реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з викидом радіоактивних та небезпечних хімічних речовин.

На усіх хімічно небезпечних об'єктах передбачаються: диспетчерська служба підприємства, яка здійснюють цілодобове

чергування; пост радіаційного та хімічного спостереження (ПРХС), що здійснює періодичне або постійне радіаційне та хімічне спостереження відповідно до встановлених завдань; розрахунково-аналітична група (РАГ) – формування цивільного захисту, що здійснює збирання, опрацювання, аналіз та збереження інформації про радіаційну та хімічну обстановку для органів управління єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДС ЦЗ).

Впровадження на хімічних підприємствах Регламенту «REACH»: «Реєстрація. Оцінка і видача дозволів на виробництво та використання хімічних речовин» дасть змогу підвищити рівень хімічної безпеки на основі удосконалення системи поводження з хімічними речовинами, а, отже, і зниження імовірності виникнення хімічних забруднень, аварій і нещасних випадків у процесі виробництва, зберігання, транспортування, використання, вилучення з обігу та знешкодження хімічних речовин, що, відповідно, зменшить соціальні та економічні втрати.

Реалізація проекту «Вдосконалення національної системи нормативного регулювання у сфері хімічної безпеки та захисту» сприяє підвищенню ефективності державного регулювання обігу хімічної продукції та забезпеченню її безпечного використання або використання з мінімальними ризиками для здоров'я людини та довкілля.

Закон «Про хімічну безпеку» дозволить визначити правові засади у галузі хімічної безпеки, спрямовані на обмеження негативного впливу техногенної діяльності в хімічному аспекті на стан навколишнього природного середовища та життєдіяльність населення.

Висновки. Підприємства хімічного комплексу являють собою потенційну небезпеку для життя, здоров'я людей та екосистеми, особливо у разі надзвичайних ситуацій, спричинених викидом хімічно небезпечних речовин із можливим комплексом уражуючих впливів

(вибухи, пожежі, токсичні ураження людей і тварин).

Для хімічно небезпечних підприємств доцільно впровадити:

– «Правила техногенної безпеки» на території небезпечних об'єктів у міській зоні, які дозволяють утримувати небезпечні хімічні речовини в обсягах, передбачених проектними нормами зберігання та технологічними регламентами.

– «Методику спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки», яка допоможе своєчасно надавати органам управління Єдиної державної системи цивільного захисту інформацію про забруднення навколишнього середовища небезпечними хімічними речовинами для прийняття рішень щодо реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з викидом небезпечних хімічних речовин;

– диспетчерську службу підприємства, пост радіаційного та хімічного спостереження, розрахунково-аналітичну групу (формування цивільного захисту).

– Закон «Про хімічну безпеку» (наразі триває робота над законопроектом) дозволить визначити правові засади у галузі хімічної безпеки, спрямовані на обмеження негативного впливу техногенної діяльності в хімічному аспекті на стан навколишнього природного середовища та життєдіяльність населення, встановити відносини, які виникають у сфері обігу хімічної продукції та поводження з нею, визначити повноваження органів виконавчої влади, права і обов'язки підприємств, установ, організацій та громадян, з урахуванням міжнародних зобов'язань України у цій сфері.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік (довідь). URL: <https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2018/rozdil1.pdf> (дата звернення: 10.04.2020).
2. Галко Д. О., Гармаш С. М., Герасименко В. О., Рогаль П. П., Оксень В. М. Стан хімічної безпеки в Україні та методи її підвищення. *Хімія та сучасні технології*: зб. тез IX Міжн. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчен. Дніпро, 24–26 квітня, 2019 р. Т. III. Дніпро, 2019. С. 73–74.
3. Гармаш С. М., Герасименко В. О., Плис М. М., Малиновська Н. В. Шляхи підвищення рівня хімічної безпеки в Україні. *Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности*. Дніпро, 2018. Вып. 105. С. 252–258.
4. Гармаш С. М. Комплексний підхід до організації охорони праці та цивільного захисту на промислових підприємствах України. *Развитие технологий будущего: кол. монографія*. Одеса : КУПРИЕНКО СВ, 2018. С. 69–75.
5. Ішук С. О., Созанський Л. Й., Коваль Л. П., Ляховська О. В. Виклики та перспективи розвитку хімічних виробництв у регіонах України: наукове видання. *Інститут регіональних досліджень ім. М. І. Долишнього НАН України. Серія: Регіони: моніторинг, прогнози, моделі*. Львів, 2018. 91 с.
6. Левченко О. Є. Хімічна безпека як елемент національної безпеки. *Наука і практика*. Київ, 2014. № 1. С. 38–49.
7. Лисенко І. В., Плис М. М. Основні положення Регламенту «REACH» в контексті вирішення проблеми хімічної безпеки України. *Сучасні проблеми професійної та цивільної безпеки*: зб. тез I Міжн. наук.-практ. Інтер-конф. Дніпро, 2020. С. 44–47.
8. Малоок М. В., Плис М. М. Класифікація хімічної продукції за Регламентом «REACH» в контексті забезпечення хімічної безпеки в Україні *Сучасні проблеми професійної та цивільної безпеки*: зб. тез I Міжн. наук.-практ. Інтер-конф. Дніпро, 2020. С. 36–39.
9. Методику спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки : Наказ Мін-ва внутрішніх справ України від 27.11.2019. № 986. Зареєстр. в Мін'юсті України 24 січня 2020 р. за № 83/34366. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0083-20#Text> (дата звернення: 10.04.2020).
10. Правила техногенної безпеки: Наказ Мін-ва внутрішніх справ України від 05.11.2018, № 879. Зареєстр. в Мін'юсті України 27.11.2018 р. за № 1346/32798. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1346-18#Text> (дата звернення: 10.04.2020).
11. Про схвалення концепції підвищення рівня хімічної безпеки. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 1571 – р від 17 грудня 2008. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1571-2008-%D1%80#Text> (дата звернення: 10.04.2020).
12. Реєстрація, оцінка і видача дозволів на виробництво та використання хімічних речовин. Regulation (EC) № 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006. *Official Journal of the European*

Union. 29.5.2007. L 136/3 URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:en:PDF>.

13. Удосконалення національної системи нормативного регулювання у сфері хімічної безпеки та захисту. - URL: <https://ecolog-ua.com/news/udoskonallynna-nacionalnoyi-systemy-normatyvnogo-regulyuvannya-u-sferi-himichnoyi-bezpeky-ta>

REFERENCES

1. *Analitichnij oglyad stanu tehnogennoi ta prirodnoi bezpeki v Ukraini za 2018 rik (dopovid)* [Analytical review of the state of man-made and natural security in Ukraine in 2018 (report)]. (Accessed: 10 April 2020). (in Ukrainian).

2. Galko D.O., Garmash S.M., Gerasimenko V.O., Rogal P.P. and Oksen V.M. *Stan himichnoyi bezpeki v Ukraini ta metodi yiyi pidvishennya* [The state of chemical safety in Ukraine and methods of its increase]. *Himiya ta suchasni tehnologiyi: zb. tez IX Mizhn. nauk.-tehn. konf.* [Chemistry and modern technologies: coll. thesis IX International scientific and technical conf.]. Dnipro, 2019, vol. III. pp. 73–74. (in Ukrainian)

3. Garmash S.M., Gerasimenko V.O., Plis M.M. and Malinovska N.V. *Shlyahi pidvishennya rivnya himichnoyi bezpeki v Ukraini* [Ways to increase the level of chemical safety in Ukraine]. *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Dnipro, 2018, iss. 105, pp. 252–258. (in Ukrainian)

4. Garmash S.M. *Kompleksnij pidhid do organizaciyi ohoroni praci ta civilnogo zahistu na promislovih pidpriyemstvah Ukraini* [A comprehensive approach to the organization of labor protection and civil protection at industrial enterprises of Ukraine]. *Razvitie tehnologij budushego: kol. monografiya* [Development of technologies of the future]. Odessa, 2018, pp. 69–75. (in Ukrainian)

5. Ishuk S.O., Sozanskiy L.J., Koval L.P. and Lyahovska O.V. *Vikliki ta perspektivi rozvitku himichnih virobnictv u regionah Ukraini: naukovе vidannya* [Challenges and prospects for the development of chemical industries in the regions of Ukraine: a scientific publication]. Lviv, 2018, 91 p. (in Ukrainian)

6. Levchenko O.Ye. *Himichna bezpeka yak element nacionalnoi bezpeki* [Chemical safety as an element of national security]. *Nauka i praktika* [Science and practice]. Kyiv, 2014, no. 1, pp. 38–49. (in Ukrainian)

7. Lisenko I.V. and Plis M.M. *Osnovni polozhennya Reglamentu «REACH» v konteksti virishennya problemi himichnoyi bezpeki Ukraini* [The main provisions of the Regulation "REACH" in the context of solving the problem of chemical safety of Ukraine]. *Suchasni problemi profesijnoi ta civilnoi bezpeki: zb. tez I Mizhn. nauk.-prakt. Inter-konf.* [Modern problems of professional and civil security: coll. abstracts and int. scientific-practical Inter-conf]. Dnipro, 2020, pp. 44–47. (in Ukrainian)

8. Malook M.V. and Plis M.M. *Klasifikaciya himichnoyi produkciyi za Reglamentom «REACH» v konteksti zabezpechennya himichnoyi bezpeki v Ukraini* [Classification of chemical products according to the REACH Regulation in the context of chemical safety in Ukraine]. *Suchasni problemi profesijnoi ta civilnoi bezpeki: zb. tez I Mizhn. naukovо-praktuchna Inter-konf.* [Modern problems of professional and civil security : coll. abstracts and int. scientific-practical Inter-conf]. Dnipro, 2020, pp. 36–39. (in Ukrainian)

9. *Metodiki sposterezhen shodo ocinki radiacijnoi ta himichnoyi obstanovki* [Methods of observations for the assessment of radiation and chemical conditions]. Nakaz Min. vnutrishnih sprav Ukraini vid 27.11.2019. No. 986. (Accessed: 10 April 2020). (in Ukrainian)

10. *Pravila tehnogennoi bezpeki* [Rules of technogenic safety]. Nakaz Min-va vnutrishnih sprav Ukraini vid 05.11.2018, no. 879. (Accessed: 10 April 2020). (in Ukrainian)

11. *Pro shvalennya koncepciyi pidvishennya rivnya himichnoyi bezpeki* [About approval of the concept of increase of level of chemical safety]. Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukraini № 1571–r vid 17 grudnya 2008. (Accessed: 10 April 2020). (in Ukrainian)

12. *Reyestraciya, ocinka i vidacha dozvoliv na virobnictvo ta vikoristannya himichnih rechovin* [Registration, evaluation and issuance of permits for the production and use of chemicals] Regulation (EC) no. 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006. Official Journal of the European Union. 29.5.2007. L 136/3 (Accessed: 10 April 2020).

13. *Udoskonallynna nacionalnoi sistemi normativnogo regulyuvannya u sferi himichnoyi bezpeki ta zahistu* [Improving the national regulatory system in the field of chemical safety and protection]. (Accessed: 10 April 2020). (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 05.10.2020.

УДК 614.843 (075.32)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.69.700

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКАХ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

ГУЛІДА Е. М.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
КОЗАК Я. Я.², ад'юнкт

^{1*} Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, 79007, Львів, Україна, тел. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, 79007, Львів, Україна, тел. +38 (097) 889-34-31, e-mail: yaruk.38@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2185

Анотація. Постановка проблеми. Проектування резервуарних парків, забезпечення їх протипожежним захистом та дій пожежно-рятувальних підрозділів під час ліквідації пожеж або надзвичайних ситуацій на об'єктах регламентуються цілою низкою нормативних документів, проте, незважаючи на суворі протипожежні заходи на кількість пожеж у парках зберігання нафти та нафтопродуктів за останні десятки років залишається великою. **Мета дослідження** – розробити на основі модернізації існуючої системи протипожежного захисту резервуарних парків методологію автоматизованої системи подачі води для охолодження резервуарів та утворення за допомогою піногенератора на поверхні палаючої рідини вогнестійкої самозатяжної плівки для гасіння пожежі. **Висновок.** Запропонована система підшарового пожежогасіння забезпечує оперативне гасіння вогню шляхом утворення на поверхні нафтопродукту вогнестійкої самозатяжної плівки за рахунок спливання у верхню частину маленьких бульбашок піни низької кратності, що перекривають доступ кисню в зону горіння. Використання стаціонарно встановлених у верхньому поясі резервуара трубопроводів для інтенсивного охолодження водою його стінок у разі виникнення пожежі дозволяє в автоматичному режимі виконувати охолодження водою стінок резервуара без використання лафетних стовбурів. Застосування запропонованих заходів для локалізації пожежі дає можливість зменшити збитки від неї приблизно на 30...36 % порівнянно із загальноприйнятим підходом. Система гарантування пожежної безпеки об'єктів із наявністю нафтопродуктів обов'язково повинна містити комплекс заходів, що виключають можливість перевищення значень допустимого пожежного ризику і спрямованих на запобігання небезпеки у результаті пожежі та створення умов для успішного її гасіння.

Ключові слова: резервуарний парк; пожежа; протипожежний захист; оперативне гасіння пожежі; піногенератор

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

ГУЛИДА Э. Н.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
КОЗАК Я. Я.², ад'юнкт

^{1*} Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, ул. Клепаровская, 35, 79007, Львов, Украина, тел. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, ул. Клепаровская, 35, 79007, Львов, Украина, тел. +38 (097) 889-34-31, e-mail: yaruk.38@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2185

Аннотация. Постановка проблемы. Проектирование резервуарных парков, обеспечения их противопожарной защитой и действий пожарно-спасательных подразделений при ликвидации пожаров или чрезвычайных ситуаций на таких объектах регламентируются целым рядом нормативных документов, при этом несмотря на строгие противопожарные меры на данных объектах, количество пожаров в парках хранения нефти и нефтепродуктов за последние десятилетия остается большим. **Цель исследования** – разработать на основе модернизации существующей системы противопожарной защиты резервуарных парков методологию автоматизированной системы подачи воды для охлаждения резервуаров и образования с помощью пеногенератора на поверхности пылающей жидкости огнестойкой самозатягивающейся пленки для тушения пожара. **Вывод.** Предложенная система подслоного пожаротушения обеспечивает оперативное тушение огня

путем образования на поверхности нефтепродукта огнестойкой самозатягивающейся пленки за счет всплытия в верхнюю часть маленьких пузырьков пены низкой кратности, перекрывающей доступ кислорода в зону горения. Использование стационарно установленных в верхнем поясе резервуара трубопроводов для интенсивного охлаждения водой его стенок при возникновении пожара позволяет в автоматическом режиме выполнять охлаждение водой стенок резервуара без использования лафетных стволов. Применение предложенных мер по локализации пожара дает возможность уменьшить потери от него примерно на 30...36 % по сравнению с общепринятым подходом. Система обеспечения пожарной безопасности объектов с наличием нефтепродуктов обязательно должна содержать комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения значений допустимого пожарного риска и направленных на предотвращение опасности в результате пожара и создание условий для успешного его тушения.

Ключевые слова: резервуарный парк; пожар; противопожарная защита; оперативное тушение пожара; пеногенератор

FIRE SAFETY IN TANKS OF OIL AND OIL PRODUCTS STORAGE

GULIDA E.M.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KOZAK Ya.Ya.², *adjunct*

^{1*} Head of the Department of Fire Tactics and Emergency Rescue, Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska Str., 79007, Lviv, Ukraine, tel. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Department of Fire Tactics and Rescue, Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska Str., 79007, Lviv, Ukraine, tel. +38 (097) 889-34-31, e-mail: yaruk.38@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2185

Abstract. Formulation of the problem. The design of tank farms, providing them with fire protection and actions of fire and rescue units during fires or emergencies at such facilities are regulated by a number of regulations, despite the strict fire safety measures at these facilities, the number of fires in the parks storage of oil and oil products has remained unchanged for the last decades. **Purpose of the article** – is to develop on the basis of modernization of the existing system of fire protection of tank farms a methodology of automated water supply system for cooling tanks and formation of a fire-resistant self-tightening film for fire extinguishing with the help of a foam generator. **Conclusion.** The proposed sublayer fire extinguishing system provides rapid fire extinguishing by forming a fire-resistant self-tightening film on the surface of the oil product by floating in the upper part of small bubbles of low-density foam, blocking the access of oxygen to the combustion zone. The use of permanently installed in the upper belt of the tank pipelines for intensive water cooling of its walls in the event of a fire allows you to automatically perform water cooling of the tank walls without the use of gun barrels. The application of the proposed measures for fire localization makes it possible to reduce the damage from the fire by about 30... 36% compared to the generally accepted approach. The system of fire safety of facilities with the presence of petroleum products must contain a set of measures that exclude the possibility of not exceeding the values of the permissible fire risk and aimed at preventing the danger of fire and creating conditions for its successful extinguishing.

Keywords: tank farm; fire; fire protection; operative fire extinguishing; foam generator

Постановка проблеми. Основне місце зберігання нафти та нафтопродуктів під час їх транспортування та зберігання – це резервуарні парки [1]. Через велике скупчення легкозаймистих та займистих рідин на відносно невеликій площі та незначній відстані резервуарів один від одного створюється значна пожежна небезпека. У разі виникнення пожежі на одному резервуарі її тепловий вплив може спричинити займання або вибух сусідніх резервуарів.

Залежно від категорії об'єктів зберігання нафти і нафтопродуктів та місткості резервуарів впроваджують такі протипожежні заходи: стаціонарно

встановлюють піноотвірні пристрої (піногенератори) у верхньому поясі стінки резервуара під час гасіння на шар рідини; стаціонарні вводи пінопроводів у нижньому поясі стінки резервуара під час гасіння пожежі під шар рідини; стаціонарні установки охолодження; первинні засоби пожежогасіння; запас піноутворювача та протипожежне внутрішнє і зовнішнє водопостачання.

Крім цього, персоналу об'єкта необхідно постійно виконувати моніторинг території, обладнання, технологічних процесів, вогнебезпечних робіт, потенційних джерел займання, транспортних засобів тощо.

До основних причин виникнення пожеж у резервуарних парках зберігання нафти та нафтопродуктів можна віднести: прояв атмосферної електрики, іскри від електроустановок, самозаймання пароповітряних сумішей, механічні удари під час відбирання проб і вимірювання рівня рідини, під час ремонтних та профілактичних робіт, розряди статичної електрики.

Для попередження виникнення пожежі в цьому напрямку виконано значну роботу, але, незважаючи на суворі протипожежні заходи на таких об'єктах, кількість пожеж у парках зберігання нафти та нафтопродуктів за останні десяти роки залишається великою. Тому виникає проблема, яка полягає в удосконаленні методології гарантування пожежної безпеки резервуарних парків шляхом упровадження автоматизованої системи подачі води для охолодження резервуарів під час пожежі та утворення за допомогою піногенератора на поверхні рідини резервуара вогнестійкої самозатяжної плівки.

Аналіз публікацій. Горіння рідини в резервуарі являє собою дифузійне горіння струменя пари в повітрі [2]. Полум'я факела резервуара, який горить, має конічну форму. Експериментальним шляхом встановлено, що висота конуса H залежить від діаметра резервуара D :

для легкозаймистих рідин $H = 1,4D$;

для горючих рідин $H = 1,2D$ [3; 4].

Через горіння резервуару виникають такі небезпечні чинники:

- деформація сухої стінки резервуара;
- скипання нафтопродукту;
- викид палаючого нафтопродукту.

Вогнестійкість сухої верхньої частини стінки резервуара залежить від умов горіння і в більшості випадків вона низька. Результати аналізу різних пожеж показують, що втрата міцності сухої стінки настає вже через 15 хвилин після початку пожежі [5–7].

Результати досліджень [6] показують, що листові конструкції циліндричних резервуарів руйнуються внаслідок розриву вертикальних зварних швів, які отримують кільцеві зусилля розтягу.

Високі температури негативно впливають на плаваючий дах або понтон резервуара. Через певний час вони руйнуються і тонуть. У цьому випадку горіння нафтопродуктів триває вже не в кільцевому зазорі біля стінок, а по всій площі резервуара.

Скипання і викид нафтопродуктів у резервуарі викликає прогрітий верхній шар рідини [8; 9]. Ефективних заходів попередження скипання та викиду нафтопродуктів з резервуару під час пожежі немає. Тому оперативність пожежно-рятувальних підрозділів для гасіння пожежі має першочергове значення. Крім того, не можна допускати деформацію сухих стінок резервуара, які спричинюють утворення кишень. Сухою стінкою резервуара називається стінка, розташована вище рівня налитого в резервуар нафтопродукту. Отож необхідно своєчасно охолоджувати стінки резервуара, який горить. У разі горіння резервуара через випромінювання тепла воно передається на сусідні резервуари [10; 11]. Тому сухі стінки сусідніх резервуарів необхідно також своєчасно охолоджувати.

Мета дослідження – розробити на основі модернізації існуючої системи протипожежного захисту резервуарних парків методологію автоматизованої системи подачі води для охолодження резервуарів та утворення за допомогою піногенератора на поверхні палаючої рідини вогнестійкої самозатяжної плівки для гасіння пожежі.

Виклад матеріалу. Для гасіння пожеж на підприємствах нафтопереробної промисловості використовують піну [12–14]. В умовах резервуарних парків можливе застосування двох систем гасіння: 1) подача піни на поверхню нафтопродукту (надшарове гасіння); 2) подача піни низької кратності знизу. Система гасіння пожежі в резервуарі з подачею піни на поверхню нафтопродукту включає: центральну насосну станцію, магістральний розчинопровід зі встановленими на ньому гідрантами і контрольно-пусковими приладами, робочі розчинопроводи, пінокамери (для резервуарів із

стаціонарним дахом) або піногенератори ГПС-600 (для резервуарів із плаваючим дахом), пожежні сповіщувачі.

Але одного надшарового гасіння пожежі в резервуарі недостатньо. Це пояснюється тим, що через високу температуру піна, яка подається на поверхню нафтопродукту, руйнується. Крім цього, інтенсивний газообмін піни високої кратності, що знаходиться поряд із полум'ям, погіршує забір повітря піною. Необхідно також враховувати той факт, що у процесі розтікання піни по нафтопродукту, який горить, швидкість її руху зменшується у міру її віддалення від місця зливу. Це пояснюється руйнуванням піни за дії високої температури. Через деякий час кількість зруйнованої піни буде дорівнювати кількості піни, що надходить, і тоді ефективність цього способу дорівнюватиме нулю [15].

Враховуючи можливість часткової відмови надшарового гасіння пожежі, більш доцільно одночасно впроваджувати підшарове гасіння пожежі в резервуарі. Цей спосіб почали впроваджувати після розробки плівкотвірних піноутворювачів. Крім того, цей спосіб має переваги в тому, що на нього значно менше впливають вибухи та висока температура пожежі, а також природні чинники. Конструктивна схема підшарового гасіння пожежі на резервуарі зберігання нафтопродукту зображена на рисунку.

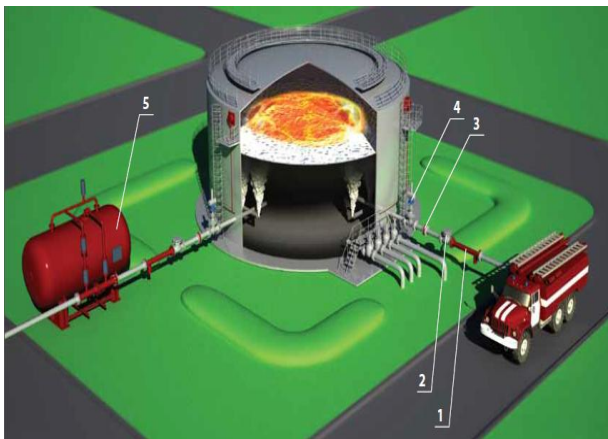


Рис. Конструктивна схема підшарового гасіння пожежі на резервуарі зберігання нафтопродукту: 1 – високонапірний піногенератор; 2 – зворотний клапан; 3 – запобіжна розривна мембрана; 4 – засувка; 5 – бак-дозатор

Подача води та піни від фторсинтетичного піноутворювача типу АFFF здійснюється від пожежного автомобіля та від центральної насосної станції з використанням бака-дозатора, в якому відбувається процентне змішування води і піни. Результати досліджень показали, що під час виникнення пожежі на резервуарі РВС 1 000 з нафтою через 14 хвилин горіння пожежа була ліквідована менше ніж за 8 хвилин.

Тепер розглянемо систему захисту резервуара від перегрівання під час пожежі. Основний засіб захисту полягає в охолодженні його стінок водою. Для цього можна використовувати:

- лафетні або ручні стовбури від пожежно-рятувальної техніки пожежно-рятувальних підрозділів;
- систему зрошення, яка може бути встановлена стаціонарно у верхній частині резервуара.

У результаті аналізу наукових праць [16–18] та на підставі цих даних отримано емпіричну залежність для визначення температури T сухої стінки резервуара $^{\circ}\text{C}$ від тривалості пожежі t у хвиликах і глибини стінки h в метрах від верха резервуара до рівня налитої рідини:

$$T = 155,34t^{0,5}h^{-0,4}, \quad (1)$$

де t змінюється в межах 1...10 хв; h – в межах 0,3...4 м.

За результатами публікації [19] встановлено, що для охолодження резервуарів використовується водяна плівка товщиною 3...5 мм, яка зливається по сухій стінці резервуара. Висота проливу півки залежить від температури сухої стінки резервуара. Наприклад, за температури 300°C висота зливу півки до закипання і повного випаровування складає 8 м. Виходячи із залежності (1) при $h = 4$ м температура сухої стінки змінюється за $t = 8$ хв від 700 до 620°C . Тоді висота зливу півки до закипання і повного випаровування буде складати 4,5 м.

Виходячи із цих положень, необхідно підвищувати інтенсивність охолодження, що зумовить збільшення площі поверхні резервуара, на якій водяна плівка не закипатиме.

Для подачі охолоджувальної водяної плівки необхідно використовувати круговий трубопровід, який стаціонарно закріплюється у верхній частині резервуара на висоті 0,2 м від його верхньої кромки. Охолоджувальна система під'єднується до центральної насосної станції.

Наведені системи гасіння пожежі на резервуарах та їх охолодження працюють в автоматичному режимі. Для цього необхідне:

– установа на резервуарах РВС пожежних сповіщувачів полум'я згідно з ДСТУ EN 54-10, які на початковій стадії пожежі допускають виникнення відкритого полум'я або перегрітої поверхні понад 600°C [20];

– установа системи передачі інформації від пожежного сповіщувача на приймально-контрольний пристрій пожежної сигналізації, розташований в диспетчерському пункті об'єкта;

– розроблення системи формування сигналів управління з використанням контрольного пристрою пожежної сигналізації для систем протипожежного

захисту та іншого інженерного обладнання, задіяного для гасіння пожежі.

Висновки

1. Запропонована система підшарового пожежогасіння забезпечує оперативне гасіння пожежі шляхом утворення на поверхні нафтопродукту вогнестійкої самозатяжної плівки за рахунок спливання в верхню частину маленьких бульбашок піни низької кратності, що перекривають доступ кисню в зону горіння.

2. Використання стаціонарно встановлених у верхньому поясі резервуара трубопроводів для інтенсивного охолодження водою його стінок у разі виникнення пожежі дозволяє в автоматичному режимі виконувати охолодження водою стінок резервуара без лафетних стовбурів.

3. Застосування запропонованих заходів для локалізації пожежі дає можливість, як показали розрахунки, зменшити збитки від пожежі приблизно на 30...36 % порівнянно із загальноприйнятим підходом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4454:2005 «Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання». Київ : Будстандарт, 2005. 36 с.
2. Виноградов В. П. Химические процессы при установившемся диффузионном горении в условиях пожара. *Вестник Санкт-Петербургского института государственной противопожарной службы*. 2003. № 2. С. 41–47.
3. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. Москва : Стройиздат, 1990. 420 с.
4. Рябова І. Б., Сайгук І. В., Шаршанов А. Я. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. Харків : АПБУ, 2002. 352 с.
5. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. Москва : Недра, 1984. 151 с.
6. Мосалков И. Л., Плюснина Г. Ф., Фролов А. Ю. Огнестойкость строительных конструкций. Москва : Спецтехника, 2001. 496 с.
7. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках. ГУГПС МВД России. Москва : ВНИИПО, 1999.
8. Иванов А. Н., Сучков В. П. Особенности пожарной опасности мазута и тушение пожаров в резервуарах с нефтепродуктами. *Известия Академии промышленной экологии*. 2005. № 1. С. 63–68.
9. Земцов А. Г. Повышение эффективности систем пожаротушения для резервуаров с мазутами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. С.-Петербургский институт государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. 21 с.
10. Виноградов А. В., Бурлаченко А. Н. Методика розрахунку температури стінки резервуара для паливно-мастильних матеріалів під час пожежі. *Пожежна безпека*. 2002. № 6. С. 5–6.
11. Sacadura J. F. Radiative heat transfer in fire safety science. *J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer*. 2005. 93, № 1–3. Pp. 5–24.
12. Bikerman J. Foams. Verlag : Springer, 1973. 228 p.
13. Hoshino Makoto, Hayashi Koji. Extinguishing abilities of fire-fighting foams for petroleum tank fires. *Bulletin Japan Association Fire Science and Engineering*. 1990. 39, № 2. Pp. 9–17.
14. Басманов А. Е. Эффективность действий пожарных подразделений при локализации пожара в резервуарном парке. *Научный вестник будівництва*. Харків : ХДТУБА, 2006. Вип. 37. С. 121–126.

15. Баратов А. Н., Иванов Е. Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Москва : Химия, 1979. 368 с.
16. Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Оценка параметров распределения температуры сухой стенки резервуара при пожаре. *Научный вестник строительства*. Харьков : ХДТУБА, 2005. Вып. 34. С. 167–172.
17. Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Экспериментальное определение тепловых параметров резервуара. *Вісник міжнародного слов'янського університету*. Харьков : ТОВ ПКФ „Яна”, 2005. Т. 8, № 1–2. С. 32–34.
18. Басманов А. Е. Моделирование нагрева стенки резервуара, соприкасающейся с нефтепродуктом. *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков : Фолио, 2005. Вып. 17. С. 13–18.
19. Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Моделирование охлаждения нагревающегося резервуара с нефтепродуктом. *Автомобильный транспорт*. Харьков : ХНАДУ, 2005. Вып. 17. С. 96–98.
20. ДБН В.2.5-56:2014. Системы протипожежного захисту. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014.

REFERENCES

1. DSTU 4454:2005. *Nafta i naftoprodukty. Markuvannya, pakuvannya, transportuvannya ta zberihannya* [DSTU 4454: 2005. Oil and petroleum products. Marking, packaging, transportation and storage]. Kyiv: Budstandart Publ., 2005, 36 p. (in Ukrainian)
2. Vinogradov V.P. *Khimicheskiye protsessy pri ustanovivshemsya diffuzionnom gorenii v usloviyakh pozhara* [Chemical processes during steady-state diffusion combustion under fire conditions]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo institutata gosudarstvenoy protivopozharnoy sluzhby* [Bulletin of Saint-Petersburg Institute State Firefighting Service]. 2003, no. 2, pp. 41–47. (in Russian)
3. Drayzdeyl D. *Vvedeniye v dinamiku pozharov* [Introduction to the dynamics of fires]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1990, 420 p. (in Russian)
4. Ryabova I.B., Sayhuk I.V. and Sharshanov A.Ya. *Termodynamika i teploperedacha u pozhezhiy spravi* [Thermodynamics and heat transfer in firefighting]. Kharkiv : APBU, 2002, 352 p. (in Ukrainian)
5. Volkov O.M. *Pozharnaya bezopasnost' rezervuarov s nefteproduktami* [Fire safety of tanks with oil products]. *Nedra* [Nedra]. Moscow, 1984, 151 p. (in Russian)
6. Mosalkov I.L., Plyusnina G.F. and Frolov A.Yu. *Ognestoykost' stroitel'nykh konstruksiy* [Fire resistance of building structures]. Moscow : Spetstekhnika Publ., 2001, 496 p. (in Russian)
7. *Rukovodstvo po tusheniyu nefi i nefteproduktov v rezervuarnykh parkakh* [Guidelines for extinguishing oil and oil products in tank farms]. GUGPS MVD Rossii [GUGPS Ministry of Internal Affairs of Russia]. Moscow : VNIPO, 1999. (in Russian)
8. Ivanov A.N. and Suchkov V.P. *Osobennosti pozharnoy opasnosti mazuta i tusheniye pozharov v rezervuarakh s nefteproduktami* [Features of the fire hazard of fuel oil and extinguishing fires in tanks with oil products]. *Izvestiya Akademii promyshlennoy ekologii* [Academy of Industrial Ecology]. 2005, no. 1, pp. 63–68. (in Russian)
9. Zemtsov A.G. *Povysheniye effektivnosti sistem pozharotusheniya dlya rezervuarov s mazutami : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Improving the efficiency of fire extinguishing systems for tanks with fuel oil : author's abstract. dis. ... Cand. tech. sciences]. Saint-Petersburg Institute of the State Fire Service EMERCOM of Russia, 2004, 21 p. (in Russian)
10. Vynohradov A.V. and Burlachenko A.N. *Metodyka rozrakhunku temperatury stinky rezervuara dlya palyvno-mastylnykh materialiv pid chas pozhezhi* [Method of calculating the temperature of the tank wall for fuels and lubricants during a fire]. *Pozhezha bezpeka* [Fire safety]. 2002, no. 6, pp. 5–6. (in Ukrainian)
11. Sacadura J.F. Radiative heat transfer in fire safety science. *J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer*. 2005. 93, no. 1–3, pp. 5–24.
12. Bikerman J. *Foams*. Verlag : Springer, 1973, 228 p.
13. Hoshino Makoto and Hayashi Koji Extinguishing abilities of fire-fighting foams for petroleum tank fires. *Bulletin Japan Association Fire Science and Engineering*. 1990, 39, no. 2, pp. 9–17.
14. Basmanov A.E. *Éffektivnost' deystviy pozharnykh podrazdelenyy pry lokalyzatsyy pozhara v rezervuarom parke* [The effectiveness of fire units in the localization of fire in the tank farm]. *Naukovyy visnyk budivnytstva. Zbirnyk naukovykh prats* [Scientific Bulletin of Construction. Collection of scientific works]. Kharkiv : KhDTUBA, 2006, iss. 37, pp. 121–126. (in Russian)
15. Baratov A.N. and Ivanov Ye.N. *Pozharotusheniye na predpriyatiyakh khimicheskoy i neftepererabatyvayushchey promyshlennosti* [Fire extinguishing at chemical and oil refining industries]. Moscow : Chemistry, 1979, 368 p. (in Russian)
16. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. *Otsenka parametrov raspredeleniya temperatury sukhoy stenki rezervuara pri pozhare* [Estimation of the parameters of the temperature distribution of the dry wall of the tank in case of fire]. *Naukovyy visnyk budivnytstva* [Scientific Bulletin of Construction]. Iss. 34, Kharkiv : KhDTUBA, 2005, pp. 167–172. (in Russian)
17. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. *Éksperymental'noe opredelenye teplovykh parametrov rezervuara* [Experimental determination of thermal parameters of the tank] *Visnyk mizhnarodnoho slov"yans'koho universytetu*

TOV PKF „Yana” [Bulletin of the International Slavic University]. Kharkiv : LLC PKF "Yana", 2005, vol. 8, no. 1–2, pp. 32–34. (in Russian)

18. Basmanov A.Ye. *Modelirovaniye nagreva stenki rezervuara, soprikasayushcheysya s nefteproduktom* [Modeling the heating of the tank wall in contact with the oil product]. *Problemy pozharney bezopasnosti* [Problems of fire safety]. Kharkov : Folio, 2005, iss. 17, pp. 13–18. (in Russian)

19. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. *Modelirovaniye okhlazhdeniya nagrevayushchegosya rezervuara s nefteproduktom* [Simulation of cooling of a heating tank with oil product]. *Avtomobil'nyy transport* [Automobile transport]. Kharkov : KhNADU, 2005, iss. 17, pp. 96–98. (in Russian)

20. *DBN V.2.5-56:2014. Systemy protypozhezhnoho zakhystu* [DBN B.2.5-56: 2014. Fire protection systems]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 12.10.2020.

УДК 614.8+624

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.76.701

РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ КЕРУВАННЯ РИЗИКАМИ НЕБЕЗПЕК ТА МОЖЛИВОСТЕЙ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ НА ВИСОТІ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

ГУНЧЕНКО О. М., канд. техн. наук, доц.

Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38 (097) 852-51-22, e-mail: gunchenko.oksana@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5769-2496

Анотація. Постановка проблеми. З прийняттям у 2018 році міжнародного стандарту ISO 45001, який планується ввести в законодавче поле України з 2021 року, все більшої актуальності набувають питання впровадження процедури керування ризиками небезпек для життя, здоров'я та працездатності персоналу під час виконання професійних обов'язків або дій в інтересах підприємства. Будь-яке виробниче середовище, в якому реалізована система, складові якої – це людина та технологічне обладнання, генерує небезпеки, які мають імовірність реалізуватись в інцидент, небезпечну подію чи аварію з певними миттєвими та/або віддаленими наслідками. Обґрунтовано постає питання, пов'язане зі зменшенням міри небезпеки, – ризику, що характеризує певну виробничу діяльність. **Мета статті** – аналіз методології керування ризиками та можливостями у сфері охорони здоров'я і безпеки праці й створення відповідної документованої процедури відповідно до сучасного міжнародного та державного законодавства. **Висновок.** Запропоновано методологію оцінювання ризиків небезпек та можливостей, яка базується на матричному методі та сформована на основі базового методу для оцінювання ризиків «краватка метелик». Ця процедура має бути задокументована та доповнена реєстрами ризиків, які можуть бути розроблені за видами небезпек на основі класифікації шкідливих та небезпечних чинників виробничого процесу. Обов'язкова вимога для впровадження такої методики – її сприйняття та фіксація на рівні вищої ланки керівництва організації й лідерство вищої ланки керівництва в цьому напрямку. Також оцінювання ризиків та розроблення дієвих упереджувальних заходів з охорони здоров'я та безпеки праці неможливі без залучення персоналу організації на рівні відповідного структурного підрозділу та його участі у постійному моніторингу змін у системі «людина – виробниче обладнання – виробниче середовище» й підвищення його компетенцій щодо ідентифікації небезпек та методів оцінювання ризику.

Ключові слова: безпека життя і здоров'я працівників; ризики небезпек, ризики можливостей; матриця ризиків; роботи на висоті; будівельна галузь

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ОПАСНОСТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НА ВЫСОТЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

ГУНЧЕНКО О. Н., канд. техн. наук, доц.

Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38 (097) 852-51-22, e-mail: gunchenko.oksana@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5769-2496

Аннотация. Постановка проблемы. С принятием в 2018 году международного стандарта ISO 45001, который планируется ввести в законодательное поле Украины с 2021 года все большую актуальность приобретают вопросы внедрения процедуры управления рисками опасностей для жизни, здоровья и работоспособности персонала при выполнении профессиональных обязанностей или действий в интересах предприятия. Любая производственная среда, в которой реализована система, составляющими которой являются человек и технологическое оборудование, генерирует опасности, которые имеют возможность реализоваться в инцидент, опасное событие или аварию с определенными мгновенными и / или отдаленными последствиями. Уместен вопрос, связанный с уменьшением степени опасности, – риска, характеризующего определенную производственную деятельность. **Цель статьи** – анализ методологии управления рисками и возможностями в сфере охраны здоровья и безопасности труда и создание соответствующей документированной процедуры в соответствии с современным международным и государственным законодательством. **Вывод.** Предложена методология оценки рисков опасностей и возможностей, основанная на матричном методе и сформированная на основе базового метода для оценки рисков «галстук бабочка». Данная процедура должна

быть задокументирована и дополнена реестрами рисков, которые могут быть разработаны по видам опасностей на основе классификации вредных и опасных факторов производственного процесса. Обязательными требованиями для внедрения данной методики являются ее восприятие и фиксация на уровне высшего звена руководства организации и лидерство в этом аспекте. Выполнение оценки рисков и разработка действенных предупредительных мер по охране здоровья и безопасности труда невозможны без привлечения персонала организации на уровне соответствующего структурного подразделения и его участия в постоянном мониторинге изменений в системе «человек – производственное оборудование – производственная среда», а также повышения его компетенций по идентификации опасностей и методов оценки риска.

Ключевые слова: *безопасность жизни и здоровья работников; риски опасностей, риски возможностей; матрица рисков; работы на высоте; строительная отрасль*

DEVELOPMENT OF PROCEDURE FOR RISK MANAGEMENT OF HAZARDS AND OPPORTUNITIES FOR WORKS AT HEIGHT IN CONSTRUCTION INDUSTRY

HUNCHENKO O.M., *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

Department of Labor and Environmental Protection, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky Ave., 03680, Kyiv, Ukraine, tel. +38 (097) 852-51-22, e-mail: gunchenko.oksana@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5769-2496

Abstract. Problem statement. With the adoption in 2018 of the international standard ISO 45001, which is planned to be introduced into the legislative field of Ukraine from 2021, the implementation of the risk management procedure for the risks to life, health and working capacity of staff in the performance of professional duties or actions in the interests of the enterprise is becoming increasingly relevant. Any production environment in which a system is implemented, the components of which are people and technological equipment generates hazards that can be realized in an incident, dangerous event or accident with certain instant and / or long-term consequences. The question related to reducing the degree of danger and risk characterizing a certain production activity is appropriate. The purpose of the article is the analysis of the methodology for managing risks and opportunities in the field of occupational health and safety and the creation of an appropriate documented procedure in accordance with modern international and state legislation. **Conclusion.** The article proposes a methodology for assessing the risks of dangers and opportunities based on the matrix method and is formed on the basis of the basic method for assessing the risks of “bow tie”. This procedure should be documented and supplemented with risk registers that can be developed by hazard type based on the classification of harmful and hazardous factors in the production process. A mandatory requirement for the implementation of this methodology is its perception and fixing at the highest level of the organization’s leadership and leadership in this aspect. It is also impossible to carry out a risk assessment and develop effective preventive measures to protect occupational health and safety without engaging the organization’s personnel at the level of the respective structural unit and its participation in constant monitoring of changes in the system “people – production equipment – production environment”, as well as increasing its competencies in hazard identification and risk assessment methods.

Keywords: *safety of life and health of workers; hazard risks; risks of opportunity; risk matrix; work at height; construction industry*

Постановка проблеми. Зміни, що відбуваються у законодавчому полі України з приводу питань безпеки життя і здоров’я працівників, на разі вимагають від керівників вищої ланки не просто використання ризик-орієнтованого підходу до створення політики підприємства в галузі безпеки праці та здоров’я працівників, а більш відповідальних дій – втілення задекларованих принципів у конкретні процедури та дієві заходи з безпеки. З прийняттям у 2018 році міжнародного стандарту ISO 45001, який планується

ввести в законодавче поле України з 2021 року, все більшої актуальності набувають питання впровадження процедури керування ризиками небезпек для життя, здоров’я та працездатності персоналу під час виконання професійних обов’язків або дій в інтересах підприємства.

Будь-яке виробниче середовище, в якому реалізована система, складовими якої постають людина та технологічне обладнання, генерує небезпеки, які мають ймовірність реалізуватись в інцидент, небезпечну подію чи аварію з певними

миттєвими та / або віддаленими наслідками. Тому постає питання, пов'язане зі зменшенням міри небезпеки, – ризику, що характеризує певну виробничу діяльність.

Питання це також має високий пріоритет з огляду на цілі сталого розвитку, які задекларовані державою на рівні Президента та Міністерства економічного розвитку і торгівлі [1; 2] досягнення яких залежить від п'яти основних напрямів стійкості – «суспільство», «здоров'я», «фінанси», «охорона праці» та «екологія», які мають розгалужений спектр для взаємодії та розвитку завдяки їх об'єднанню на підставі аспекту безпеки. Тому серед цілей сталого розвитку автор виокремлює ще один параметр впливу на досягнення поставленої мети, – це фактор «безпека» [3].

Аналіз публікацій. Категорійно-понятійний апарат у сфері безпеки виробничих процесів та збереження життя і здоров'я працівників трактує поняття «небезпека» як джерело або ситуацію, що потенційно може призвести до травмування, погіршення здоров'я чи смерті людини, завдати шкоду майну, доквітлю чи їх

комбінації [4], що вказує на можливість реалізації небезпек у трьох аспектах – у вигляді інциденту (легкі травми), небезпечної події (травми середньої важкості та важкі, гострі професійні отруєння) та аварії (політравми, важкі та смертельні травми одиночні та групи людей) (рис. 1). Таким чином створюються й три зони впливу на ризик реалізації небезпеки, враховуючи, що ризик є мірою небезпеки та може бути виражений як поєднання ймовірності її виникнення та наслідків, пов'язаних із нею [5].

Також слід зауважити, що ризики генерують різні наслідки, які не завжди будуть негативними, а за деяких обставин створюють супутні можливості у сфері охорони здоров'я і безпеки праці (ОЗіБП) [6]. У цьому документі, коли використовують термін «ризик й можливості», він означає ризики у сфері ОЗіБП, можливості у сфері ОЗіБП, а також інші ризики для відповідної системи управління й інші можливості для цієї ж системи.



Рис. 1. Схема розвитку небезпечної події від формування небезпеки до прояву її наслідків та зони впливу на них

Мета статті – аналіз методології керування ризиками та можливостями у сфері охорони здоров'я і безпеки праці й створення відповідної документованої процедури відповідно до сучасного міжнародного та державного законодавства.

Результати досліджень. У відповідності з ISO 45001:2018 керівники вищої ланки повинні розробити, впровадити і підтримувати політику у сфері ОЗіБП, яка:

а) гарантує безпечні та сприятливі для здоров'я умови праці для запобігання травмам і погіршенню стану здоров'я, що

пов'язані з виробничою діяльністю, а також відповідає намірам, розмірам і середовищу організації та специфіці її ризиків і можливостей у сфері ОЗіБП;

б) створює підґрунтя для визначення цілей у сфері ОЗіБП;

в) дотримується законодавчих та інших вимог;

г) усуває небезпеку та знижує ризики у сфері ОЗіБП;

д) постійно поліпшує систему управління ОЗіБП;

є) охоплює проведення консультацій із працівниками, а також забезпечення їх участі та, якщо такі є, їхніх представників.

Визначаючи ризики й можливості для системи управління ОЗіБП та її запланованих результатів, організація повинна взяти до відома: небезпеки; ризики у сфері ОЗіБП та інші ризики; можливості у сфері ОЗіБП та інші можливості; законодавчі та інші вимоги, враховуючи зовнішнє оточення та внутрішнє середовище організації. Методологія та критерії, які застосовує організація для оцінювання ризиків у сфері ОЗіБП, мають бути визначені з урахуванням їх масштабу, характеру і часу для гарантування, насамперед, запобіжного ефекту від упроваджених упереджувальних заходів, ніж простого реагування на реалізовані інциденти, небезпечні ситуації чи аварії. Методології щодо виявлення небезпек і керування ризиками та можливостями у сфері ОЗіБП та критерії, які в них застосовуються, повинні управлятися і зберігатися у формі документованої інформації. Це може бути реалізовано у вигляді документованої процедури з керування ризиками та можливостями з відповідною структурою, яка має охоплювати такі розділи:

1. Загальні положення.

2. Нормативні документи.

3. Терміни та визначення.

4. Відповідальність і повноваження.

5. Опис діяльності.

6. Принцип вибору робочих місць.

7. Визначення меж оцінюваного робочого місця.

8. Форми залучення працівників до оцінювання ризиків.

9. Ідентифікація ризиків небезпек та можливостей.

10. Оцінювання ризиків.

11. Оцінювання допустимості залишкового ризику.

12. Аналіз процесу ідентифікації небезпек, оцінювання ризиків та керування ними.

13. Документування.

Процес керування ризиками проводиться з постійним моніторингом і перевітками, передбачає обмін інформацією та консультування і виконується за таким алгоритмом:

1) Визначення сфери застосування, середовища та критеріїв оцінювання ризику.

2) Початкове оцінювання ризику:

– ідентифікація;

– початковий аналіз;

– оцінювання – визначення ставлення до ризику.

3) Обробка ризику – розроблення стратегії впливу на ризик.

4) Повторне оцінювання ризику та ставлення до нього.

5) Оцінювання залишкового рівня ризику та ставлення до нього.

6) Документування та звітність.

На етапі оцінювання ризику відбувається спільний процес ідентифікації ризику, його аналізу та оцінювання.

Оцінювання ризику як етап керування ним створює базу вхідних даних для прийняття рішень щодо:

– необхідності розпочати певну діяльність;

– способів максимального використання можливостей задля досягнення цілей організації;

– потреби впливу на ризики;

– вибору серед варіантів із різними ризиками;

– установа пріоритетності варіантів впливу на ризики;

– вибору найбільш сприятливих стратегій впливу на ризики, які дозволять знизити їх із неприйняттого рівня до допустимого (прийняттого).

Моніторинг ризиків небезпек та можливостей відбувається у плановій та оперативній формах. Плановий моніторинг проводиться не рідше одного разу на рік зі складанням відповідної документації. Оперативний моніторинг має на меті актуалізацію матеріалів планового моніторингу відповідно до змін, що впливають на результативність виконання робіт, для яких проводилась процедура керування ризиками небезпек та можливостей:

- у зовнішньому середовищі організації;
- у характеристиках виробничого середовища;
- у кількості та компетенціях працівників;
- у переліку обладнання, що використовується;
- у технологічному процесі;
- у разі виявлення нових, раніше не врахованих ризиків.

Ієрархія загальних принципів системи запобігання ризикам небезпек на робочому місці (рис. 2) має спиратись на усунення ймовірності для реалізації небезпек, які можуть спровокувати неприйнятний рівні ризику, тому на першому рівень цієї системи проводиться ідентифікація всіх наявних та прогнозованих ризиків відповідно до методів загального оцінювання ризику, запропонованих у Міжнародному стандарті ІЕС/ІСО 31010:2018 (41 метод) та Державному стандарті ДСТУ ІЕС/ІСО 31010:2013 (ІЕС/ІСО 31010:2009, ІДТ) (31 метод) [7].

На наступному етапі визначається ставлення до цих рівнів із приводу їх прийнятності для організації з урахуванням її політики та цілей у сфері ОЗіБП та усунення неприйнятних рівнів ризику.

Критерії оцінювання рівня ризику, ставлення до нього та відповідні запобіжні дії запропонував В. А. Цопа у праці [8], в якій найбільш детально наведено можливі сценарії сприйняття ризику та запобіжні дії щодо їх локалізації (табл. 1).

За запропованою методологією оцінка ставлення до ризику як «категорично неприйнятного» та «неприйнятного» вимагає відмови від діяльності, яка з ним

пов'язана, та проведення подальшого дослідження щодо можливих заходів із його локалізації та зниження його рівня. На третьому етапі відбувається обробка ризиків, що мають рівень «прийнятних з перевіркою», тобто таких, що можуть бути прийнятні лише за умови постійного моніторингу їх рівня.

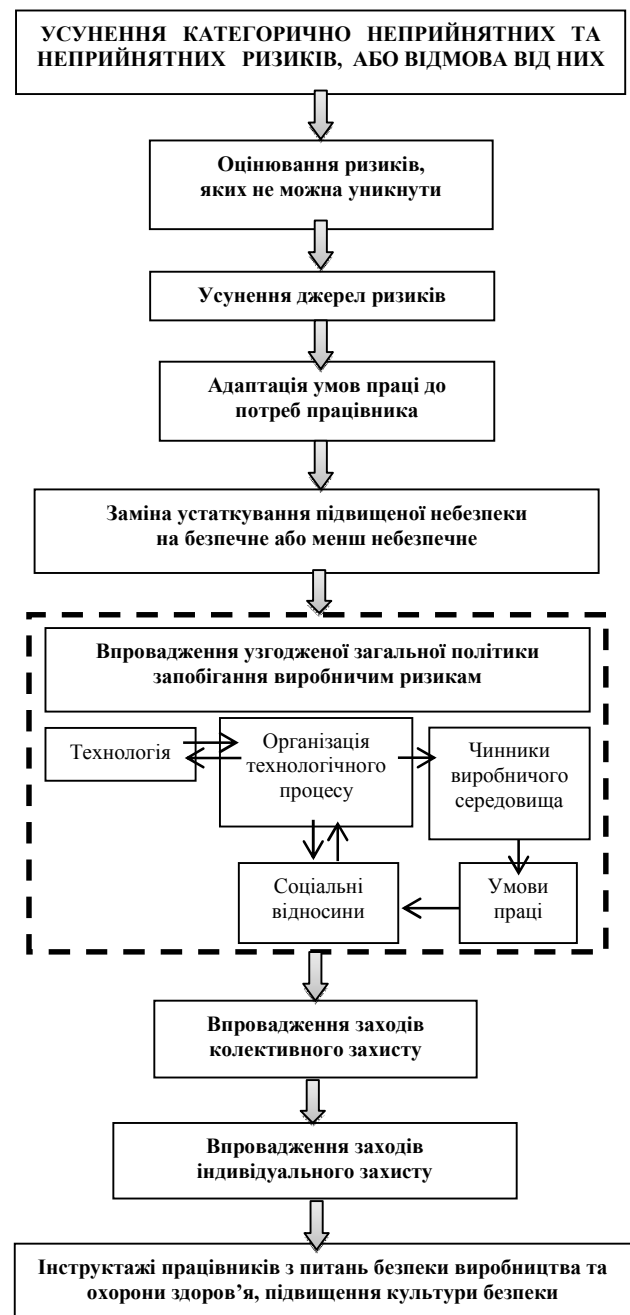


Рис. 2. Ієрархія загальних принципів системи запобігання ризикам небезпек на робочому місці

Четвертий етап – обробка ризиків «прийнятного» рівня, які не потребують додаткових заходів щодо їх усунення та локалізації. Рішення, щодо

упереджувальних / запобіжних заходів із приводу виявлених ризиків небезпек також мають свою ієрархію (рис. 2):

- 1) усунення небезпеки;
- 2) заміна процесів, операцій, матеріалів або устаткування на менш небезпечні;

3) застосування технічних засобів управління і реорганізація робіт;

4) застосування адміністративних засобів управління, зокрема навчання;

5) застосування відповідних засобів індивідуального захисту [6].

Таблиця 1

Ставлення до рівня ризику [8]

Рівень ризику	Ставлення до ризику	Потреба в запобіжних заходах
Високий	Категорично неприйнятний	Потрібно вжити запобіжних дій для унеможливлення небезпеки або зниження ризику
Між високим і середнім	Неприйнятний	
Середній	Прийнятний з перевіркою	Немає потреби вживати запобіжних дій для зниження ризику, але необхідно здійснювати постійний контроль та аналіз небезпек
Низький	Прийнятний (допустимий)	Не потребує вживання запобіжних дій для зниження ризику

Під час проведення ідентифікації ризиків небезпек та можливостей створюється відповідний реєстр з урахуванням навколишнього середовища за межами організації (структурного підрозділу), стану будівель (споруд) та внутрішнього виробничого середовища, якості та кількості персоналу, наявності у робочій зоні автотранспортних засобів та навантажувально-розвантажувальної техніки, ручного інструменту, машин, механізмів, устаткування, ЗІЗ, інших наявних та прогнозованих чинників, що формують відповідні небезпеки чи їх поєднання.

Оцінювання ризиків небезпек та можливостей проводиться шляхом побудови матриці ризиків та визначення рівня ризику за формулою:

$$R_i = P_i \times S_i, \quad (1)$$

де P_i – ймовірність реалізації небезпеки чи можливості, рівень (табл. 2, 3); S_i – значущість наслідків впливу від небезпеки яка реалізувалась, рівень (табл. 4, 5).

Робоча група підрозділу з оцінювання ризиків, до якої входять: керівник структурного підрозділу, відповідальний за безпеку виробничого процесу, фахівець служби охорони праці, досвідчені професіонали, що мають досвід роботи у відповідній професійній сфері, та інші фахівці, визначає ступінь ймовірності та наслідки небезпек та можливостей,

занесених до відповідних реєстрів відповідно до таблиць 2–5. Критерії категорій ризику небезпек визначаються за таблицею 6, ризиків можливостей за таблицею 7. Категорія ризику небезпек визначається за матрицею ризиків небезпек (табл. 8), ризиків можливостей – за матрицею ризиків можливостей (табл. 9) відповідно до виду робіт. Отримані результати вносяться до реєстру ризиків.

Після виконання заходів, сформульованих на етапі обробки ризику та спрямованих на управління категорично неприйнятними, неприйнятними та умовно прийнятними ризиками, керівники структурних підрозділів забезпечують проведення робочими групами оцінювання рівнів допустимості залишкових ризиків відповідно до запропонованої методики.

Результати оцінювання допустимості залишкового ризику робочі групи заносять у карти ідентифікації небезпек та оцінки ризиків. Алгоритм взаємодії робочої групи з оцінювання ризиків із числа працівників та сторонніх експертів, залучених до такої роботи, більш детально розглянутий автором раніше у праці [9]. Керівник структурного підрозділу повідомляє про результати оцінювання службу охорони праці (в письмовому вигляді).

Таблиця 2

Оцінка ймовірності виникнення небезпеки

Позначення	Ймовірність	Опис	Кількість випадків на операцію	Кількість випадків на рік роботи
A	Майже неможлива	Практично неможливо уявити, що подібний фактор може реалізуватись	1 випадок на кожні 50 000 виробничих операцій	1 випадок на 10 років роботи (1 на 10 років)
B	Практично неможлива	Ймовірність виникнення незначна	1 випадок на кожні 30 000 виробничих операцій	1 випадок на 5 років роботи (1 на 5 років)
C	Мінімальна	Ймовірність виникнення низька, але подія може реалізуватись за певних обставин	1 випадок на кожні 10 000 виробничих операцій	1 випадок на 2 роки роботи (1 на 2 роки)
D	Помірна	Ймовірність виникнення середня, умови для її реалізації реальні та можуть виникнути несподівано	1 випадок на кожні 5 000 виробничих операцій	1 випадок на 250...300 робочих змін (1 на рік)
E	Суттєва	Ймовірність виникнення висока, умови для цього виникають досить регулярно і / або протягом певного інтервалу часу	1 випадок на кожну 1 000 виробничих операцій	1 випадок на кожні 25 робочих змін (1 на місяць)
F	Значуща	Ймовірність виникнення дуже висока. Умови обов'язково виникають протягом досить тривалого проміжку часу (зазвичай в умовах нормальної експлуатації)	1 випадок на кожні 100 виробничих операцій	1 випадок на кожні 5 робочих змін (1 на тиждень)
G	Надмірно висока	Ймовірність виникнення занадто висока. Умови обов'язково виникають протягом короткого проміжку часу (в умовах нормальної експлуатації)	1 випадок на кожну виробничу операцію	1 випадок на 1 робочу зміну

Таблиця 3

Оцінка ймовірності виникнення можливості

Позначення	Ймовірність	Опис	Кількість випадків на операцію	Кількість випадків на рік роботи
A	Мінімальна	Ймовірність виникнення низька, але подія може реалізуватись за певних обставин	1 випадок на кожні 10 000 виробничих операцій	1 випадок на 2 роки роботи (1 на 2 роки)
B	Помірна	Ймовірність виникнення середня, умови для її реалізації є реальними та можуть виникнути несподівано	1 випадок на кожні 5 000 виробничих операцій	1 випадок на 250...300 робочих змін (1 на рік)
C	Суттєва	Ймовірність виникнення висока, умови для цього виникають досить регулярно і / або протягом певного інтервалу часу	1 випадок на кожну 1 000 виробничих операцій	1 випадок на кожні 25 робочих змін (1 на місяць)
D	Значуща	Ймовірність виникнення дуже висока. Умови обов'язково виникають протягом досить короткого проміжку часу (зазвичай в умовах нормальної експлуатації)	1 випадок на кожні 100 виробничих операцій	1 випадок на кожні 5 робочих змін (1 на тиждень)
E	Максимальна	Ймовірність виникнення максимально висока. Умови обов'язково виникають протягом дуже короткого проміжку часу (в умовах нормальної експлуатації)	1 випадок на кожну виробничу операцію	1 випадок на 1 робочу зміну

Таблиця 4

Оцінка наслідків виникнення небезпеки

Позначення	Наслідки	Опис	Дії щодо компенсації наслідків
I	Настільки малі, що не можуть створювати негативного впливу	Погіршення психоемоційного стану, перевтома, стрес, мікротравми	Додаткових дій в умовах виробничого процесу не потребують. Суттєва увага до режиму праці та відпочинку, профілактики стресу та психоемоційного вигоряння
II	Несуттєві	Легкі одиничні травми. Легкі травми групи людей (2 та більше)	Не потребує спеціальних медичних заходів, можливе залучення до іншої роботи, яка не пов'язана з впливом ШНВЧ
III	Мінімальні	Травми середньої важкості одиничні	Потребує спеціальних медичних заходів, виведення з виробничого процесу на строк до 4 місяців
IV	Помірні	Травми середньої важкості групи людей (2 та більше)	Потребує спеціальних медичних заходів, виведення з виробничого процесу на строк до 4 місяців
V	Суттєві	Важкі одиничні травми (інвалідація, стійка втрата професійної працездатності понад 50 %)	Потребує спеціальних медичних заходів, виведення з виробничого процесу, переведення на іншу посаду, перенавчання
VI	Значущі	Важкі травми групи людей (2 та більше) (інвалідація, стійка втрата професійної працездатності понад 50 %)	Потребує спеціальних медичних заходів, виведення з виробничого процесу, переведення на іншу посаду, перенавчання, необхідність заміни
VII	Максимальні	Травми з летальним наслідком одиничні	Потребує спеціальних медичних заходів, втрата трудової одиниці, необхідність її заміни
VIII	Надмірні	Травми з летальним наслідком групи людей (2 та більше)	Потребує спеціальних медичних заходів. Втрата декількох трудових одиниць, необхідність їхньої заміни

Таблиця 5

Оцінка наслідків виникнення можливостей (переваг)

Позначення	Переваги	Опис
I	Несуттєві	Поліпшення психоемоційного стану, відсутність перевтоми, стресу, мікротравм
II	Мінімальні	Унеможливлення реалізації легких одиничних та групових травм та/або зменшення наслідків від них, підвищення працездатності.
III	Помірні	Унеможливлення реалізації одиничних травм середньої важкості та/або зменшення наслідків від них
IV	Суттєві	Унеможливлення реалізації групових травм середньої важкості та/або зменшення наслідків від них
V	Значущі	Унеможливлення реалізації важких одиничних травм із можливою інвалідацією, стійкою втратою професійної працездатності понад 50 % та/або зменшення наслідків від них
VI	Високі	Унеможливлення реалізації важких групових травм із можливою інвалідацією, стійкою втратою професійної працездатності понад 50 % та/або зменшення наслідків від них. Нульовий загальний травматизм
VII	Максимальні	Унеможливлення реалізації одиничних та групових травм із летальним наслідком. Нульовий смертельний травматизм

Таблиця 6

Категорії ризику небезпек

Категорія ризику	Позначення
Категорично неприйнятний ризик	КН
Неприйнятний ризик	Н
Умовно прийнятний ризик (потребує постійного контролю/перевірки)	ПП
Допустимий (прийнятний) ризик	П

У випадку, якщо за результатами оцінювання допустимості залишкового ризику ризик залишається категорично неприйнятним або неприйнятним, робоча група вносить нові пропозиції з впливу на ризик. Ці пропозиції можуть стати основою для розроблення або коригування цілей у сфері охорони здоров'я і безпеки праці.

Таблиця 7

Категорії ризику можливостей

Ступінь ризику	Позначення
Категорично неприйнятний ризик – переваги для життя і здоров'я працівників створюють нові небезпеки з надмірними наслідками / або потребують затрат, що знижують результативність	КН
Неприйнятний ризик – переваги для життя і здоров'я працівників створюють нові небезпеки від помірних до максимальних	Н
Умовно прийнятний ризик – переваги для життя і здоров'я працівників створюють нові несуттєві або мінімальні небезпеки (потребує співставлення з політикою та цілями в галузі безпеки життя та здоров'я працівників)	УП
Безумовно прийнятний ризик	БП

Таблиця 8

Матриця ризиків небезпек під час виконання робіт на висоті

Наслідки		Ймовірність						
		Надмірно висока	Значуща	Суттєва	Помірна	Мінімальна	Практично неможлива	Майже неможлива
		1 раз за зміну	1 раз на тиждень	1 раз на місяць	1 раз на рік	1 раз на 2 роки	1 раз на 5 років	1 раз на 10 років
		A	B	C	D	E	F	G
Настільки малі, що не можуть створювати негативного впливу	I	П	П	П	П	П	П	П
Несуттєві	II	ПП	ПП	ПП	П	П	П	П
Мінімальні	III	Н	Н	Н	Н	ПП	ПП	ПП
Помірні	IV	Н	Н	Н	Н	Н	ПП	ПП
Суттєві	V	Н	Н	Н	Н	Н	ПП	ПП
Значущі	VI	КН	КН	КН	КН	КН	Н	ПП
Максимальні	VII	КН	КН	КН	КН	КН	КН	КН
Надмірні	VIII	КН	КН	КН	КН	КН	КН	КН

Наведена методологія розроблена автором з урахуванням небезпек, що формують ризики у будівельній галузі під час виконання робіт на висоті та відображає ставлення до ризику вищого керівництва організації й враховує вимоги вітчизняного законодавства щодо пріоритетності життя і здоров'я людини відносно результатів її праці. Вигляд матриці може бути скорегований лише вищим керівництвом з

огляду на заявлені цілі організації з ОЗіБП та наявні матеріальні ресурси і вимоги до результативності її діяльності.

Матриця ризиків небезпек (табл. 8) має несиметричний вигляд та вказує на неприпустимість надмірних, максимальних і значущих наслідків для життя і здоров'я працівників за будь-якої ймовірності реалізації небезпеки і вказує на лідерство вищої ланки керівництва організації у сфері безпеки виробництва та підкріплена однією

з цілей з ОЗіБП, – нульовий травматизм із важкими та смертельними травмами.

Для досягнення такої амбітної мети мають бути докладені зусилля всього колективу організації й одним із напрямків, що дозволяє прискорити успіх, бачиться

підвищення рівня корпоративної «культури безпеки» та навчання персоналу з приводу формування ризик-орієнтованого мислення й посиленої уваги до небезпек як в умовах виробництва, так й у побуті.

Таблиця 9

Матриця ризиків можливостей під час виконання робіт на висоті

Переваги		Ймовірність				
		Максимальна	Значуща	Суттєва	Помірна	Мінімальна
		1 раз за зміну	1 раз на тиждень	1 раз на місяць	1 раз на рік	1 раз на 2 роки
		А	В	С	Д	Е
Несуттєві	I	КН	КН	КН	КН	КН
Мінімальні	II	КН	КН	КН	КН	КН
Помірні	III	Н	Н	Н	Н	Н
Суттєві	IV	ПП	ПП	ПП	ПП	ПП
Значущі	V	ПП	ПП	ПП	БП	БП
Високі	VI	БП	БП	БП	БП	БП
Максимальні	VII	БП	БП	БП	БП	БП

Висновки. Запропоновано методологію оцінювання ризиків небезпек та можливостей, яка базується на матричному методі та сформована на основі базового методу для оцінювання ризиків «краватка метелик». Ця процедура має бути задокументована та доповнена реєстрами ризиків на рівні організації, які можуть бути розроблені за видами небезпек на основі класифікації шкідливих та небезпечних чинників виробничого процесу.

Обов'язкова вимога для впровадження цієї методики – її сприйняття та фіксація на

рівні вищої ланки керівництва організації та лідерство в цьому напрямку. Також виконання оцінювання ризиків і розроблення дієвих упереджувальних заходів з охорони здоров'я та безпеки праці неможливі без залучення персоналу організації на рівні відповідного структурного підрозділу та його участі у постійному моніторингу змін у системі «людина – виробниче обладнання – виробниче середовище» та підвищення його компетенцій щодо ідентифікації небезпек та методів оцінювання ризику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30 вер. 2019 р. № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019> (дата звернення: 10.04.2020).
2. Цілі сталого розвитку: Україна : *Національна доповідь*. Київ : Мінекономрозвитку України. 2017. 176 с.
3. Гунченко О. М. Інтегровані системи менеджменту як основа сталого розвитку. *Інноваційні технології в архітектурі і дизайні* : тези доповідей IV Міжн. наук.-практ. конф., м. Харків, 21-22 травня 2020 р. Харків : ХНУБА, 2020. С. 221–224. URL: <https://itad.com.ua/gallery/%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B82020.pdf> (дата звернення: 10.06.2020).
4. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ. : Мінекономрозвитку України, 2015. 18 с.
5. ДСТУ ISO Guide 73:2013 (ISO Guide 73:2009, IDT). Керування ризиком. Словник термінів. Київ. : Мінекономрозвитку України. 2014. 13 с.

6. Вимоги стандарту ISO 45001:2018 і рекомендації щодо їх впровадження в системи управління охороною здоров'я і безпекою праці. *Навч. посіб.. На допомогу спеціалісту з охорони праці. Додаток до журналу охорона праці*. 2018. № 8.

7. ДСТУ ІЕС/ІСО 31010:2013 (ІЕС/ІСО 31010:2009, ІДТ). Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. Київ: Мінекономрозвитку України. 2015. 74 с.

8. Цопа В. А. Базова методологія управління ризиками в системах менеджменту. *Охорона праці*. 2018. № 1. С. 18–26.

9. Hunchenko O. Methodology for assessment and management of industrial risks. *International May Conference on Strategic Management : XV International May Conference on Strategic Management – IMCSM19, Bor, May 24 – 26, Bor, Serbia : IMCSM Proceedings*. 2019. Vol. XV, iss. (1). Pp. 311–319. URL: <https://drive.google.com/file/d/18f5D0yQe-VJx64Y7yZSr6M2pSczdItk/view> (дата звернення: 18.05.2020).

REFERENCES

1. *Pro Cili stalogo rozvy`tku Ukrayiny` na period do 2030 roku : Ukaz Prezy`denta Ukrayiny` vid 30 ver. 2019 r. № 722/2019* [On the Goals of Sustainable Development of Ukraine for the period up to 2030: Decree of the President of Ukraine of September 30. 2019 no. 722/2019.] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019> (data zvernennya: 10.04.2020). (in Ukrainian)

2. *Cili Stalogo Rozvy`tku: Ukrayina : Nacional`na dovovid`* [Sustainable Development Goals: Ukraine: National Report]. Kyiv : Ministry of Economic Development of Ukraine, 2017, 176 p. (in Ukrainian)

3. Hunchenko O.M. *Intehrovani systemy menedzhmentu yak osnova staloho rozvytku. Innovatsiyni tekhnolohiyi v arkhitekturi i dyzayni : tezy dopovidey IV mizhn. nauk.-prakt. konf., m. Kharkiv, 21-22 travnya 2020 r.* [Integrated management systems as a basis for sustainable development. Innovative technologies in architecture and design: abstracts of reports IV int. scientific-practical conf., Kharkiv, May 21–22, 2020]. Kharkiv : KhNUBA, 2020, pp. 221–224. URL: <https://itad.com.ua/gallery/%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B82020.pdf> (data zvernennya: 10.06.2020). (in Ukrainian)

4. *DSTU 2293:2014. Okhorona pratsi. Terminy ta vyznachennya osnovnykh ponyat'* [DSTU 2293: 2014. Occupational Health. Terms and definitions of basic concepts]. *Minekonomrozvytku Ukrayiny* [Ministry of Economic Development of Ukraine]. Kyiv : 2015, 18 p. (in Ukrainian)

5. *DSTU ISO Guide 73:2013 (ISO Guide 73:2009, IDT). Keruvannya ryzykom. Slovyk terminiv* [DSTU ISO Guide 73: 2013 (ISO Guide 73: 2009, IDT). Risk management. Glossary of terms]. *Minekonomrozvytku Ukrayiny* [Ministry of Economic Development of Ukraine]. Kyiv : 2014, 13 p. (in Ukrainian)

6. *Vymohy standartu ISO 45001:2018 i rekomendatsiyi shchodo yikh vprovadzhennya v systemy upravlinnya okhoronoyu zdorov`ya i bezpekoyu pratsi. Navchal'nyy posibnyk. Na dopomohu spetsialistu z okhorony pratsi. Dodatok do zhurnalu okhorona pratsi. 2018, № 8* [Requirements of the ISO 45001: 2018 standard and recommendations for their implementation in health and safety management systems. Tutorial. To help a health and safety specialist. Supplement to the journal labor protection]. 2018, no. 8. (in Ukrainian)

7. *DSTU IEC/ISO 31010:2013 (IEC/ISO 31010:2009, IDT). Keruvannya ryzykom. Metody zahal'noho otsynuyvannya ryzyku* [DSTU IEC / ISO 31010: 2013 (IEC / ISO 31010: 2009, IDT). Risk management. Methods of general risk assessment]. Kyiv : Ministry of Economic Development of Ukraine, 2015, 74 p. (in Ukrainian)

8. Tsopa V.A. *Bazova metodolohiya upravlinnya ryzykamy v systemakh menedzhmentu* [Basic methodology of risk management in management systems]. *Okhorona pratsi* [Occupational Health]. 2018, no. 1, pp. 18–26. (in Ukrainian)

9. Hunchenko O. Methodology for assessment and management of industrial risks. *International May Conference on Strategic Management : XV International May Conference on Strategic Management – IMCSM19, Bor, May 24 – 26, Bor, Serbia : IMCSM Proceedings*. 2019. Vol. XV, iss. 1, pp. 311–319. URL: <https://drive.google.com/file/d/18f5D0yQe-VJx64Y7yZSr6M2pSczdItk/view> (data zvernennya: 18.05.2020).

Надійшла до редакції: 14.10.2020.

УДК 331.44:331.45:613.6.027:614.8

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.87.702

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ПРАЦІВНИКА З ІНВАЛІДНІСТЮ ЗА КРИТЕРІЯМИ ОБМЕЖЕНЬ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

ДАНОВА К. В.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
ХВОРОСТ М. В.², докт. техн. наук, проф.,
МАЛИШЕВА В. В.³, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харків, Україна, e-mail: bgd@kname.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1994-703X

² Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харків, Україна, ORCID ID: 0000-0002-2606-8228

³ Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харків, Україна, ORCID ID: 0000-0002-5849-8206

Анотація. Постановка проблеми. Актуальність проблеми аналізу надійності працівників із стійкими функціональними змінами у стані здоров'я зумовлена тенденцією до зростання чисельності осіб із хронічними захворюваннями та травмами в усьому світі. Приділення уваги питанню організації трудової зайнятості цієї категорії населення підкреслює прагнення нашої країни до вирішення соціально-економічних питань, важливих у контексті європейської інтеграції. Можливе зростання рівня виробничого травматизму, професійної захворюваності, а також необхідність капіталовкладень на впровадження заходів з адаптації робочого місця відповідно до можливостей працівника становлять основні перепони на шляху до ефективного працевлаштування осіб з інвалідністю. Зростання актуальності вирішення питання забезпечення безпеки на таких робочих місцях пов'язане з тим, що під час здійснення професійної діяльності працівником з інвалідністю априорі присутня певна невідповідність психофізіологічних характеристик виконавця робіт вимогам трудового процесу і робочого місця. При цьому індивідуальні відмінності у стані здоров'я осіб з інвалідністю зумовлюють зниження рівня надійності працівників з інвалідністю. Для планування ефективних рішень з охорони праці осіб з інвалідністю важливим кроком стає розроблення методики оцінювання рівня надійності працівника з урахуванням його обмежень життєдіяльності. Численні дослідження свідчать про важливість професійної інтеграції осіб з інвалідністю, адже доведено, що більшість людей з особливими потребами здатні ефективно виконувати свої професійні обов'язки. Підвищення рівня безпеки праці – дієвий важіль у вирішенні цього питання. **Мета статті** полягає в аналізі питання надійності у контексті гарантування безпеки осіб з інвалідністю в умовах підприємства. **Висновки.** Для врахування обмежень життєдіяльності у статті використано засади теорії структурної надійності, за якої обмеження життєдіяльності поділені на групи, що характеризують вагомість їх впливу на здатність працівника з інвалідністю безпечно й ефективно виконувати професійну діяльність в умовах виробництва. Використовуючи цей підхід, можливо оцінити надійність таких працівників за наявності стійких функціональних змін у стані здоров'я різного ступеня вираженості шляхом з'ясування значень надійності за наявності окремих обмежень життєдіяльності.

Ключові слова: охорона праці; працівник з інвалідністю; надійність; обмеження життєдіяльності

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РАБОТНИКА С ИНВАЛИДНОСТЬЮ ПО КРИТЕРИЯМ ОГРАНИЧЕНИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ДАНОВА К. В.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
ХВОРОСТ Н. В.², докт. техн. наук, проф.,
МАЛЫШЕВА В. В.³, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, ул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харьков, Украина, e-mail: bgd@kname.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1994-703X

² Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, ул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харьков, Украина, ORCID ID: 0000-0002-2606-8228

³ Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, ул. Маршала Бажанова, 17, 61002, Харьков, Украина, ORCID ID: 0000-0002-5849-8206

Аннотация. Постановка проблемы. Актуальность проблемы анализа надежности работников с устойчивыми функциональными изменениями в состоянии здоровья обусловлена тенденцией к росту

численности лиц с хроническими заболеваниями и травмами во всем мире. Особое внимание вопросу организации трудовой занятости данной категории населения подчеркивает стремление нашей страны к решению социально-экономических задач, важных в контексте европейской интеграции. Прогнозируемый рост уровня производственного травматизма, профессиональной заболеваемости, а также необходимость капиталовложений на внедрение мероприятий по адаптации рабочего места в соответствии с возможностями работника обуславливают основные препятствия на пути к эффективному трудоустройству лиц с инвалидностью на рабочие места. Необходимость решения вопроса обеспечения безопасности на рабочих местах связана с тем, что при осуществлении профессиональной деятельности априори присутствует несоответствие характеристик исполнителя работ требованиям трудового процесса и рабочего места. При этом индивидуальные различия в состоянии здоровья лиц с инвалидностью обуславливают снижение надежности работников с инвалидностью. Для планирования эффективных решений по охране труда лиц с инвалидностью важным шагом является разработка методики оценки уровня надежности работника с учетом его ограничений жизнедеятельности. Многочисленные исследования подтверждают важность профессиональной интеграции лиц с ограниченными возможностями, поскольку доказано, что большинство людей с особыми потребностями способны эффективно выполнять свои профессиональные обязанности. Повышение уровня безопасности труда является действенным рычагом в решении этого вопроса. **Цель статьи** заключается в анализе вопроса надежности в контексте обеспечения безопасности лиц с ограниченными возможностями в условиях предприятия. **Выводы.** Для учета ограничений жизнедеятельности в статье использованы принципы теории структурной надежности, согласно которой ограничения жизнедеятельности разделены на группы, обуславливающие значимость их влияния на способность работника с инвалидностью безопасно и эффективно выполнять профессиональную деятельность в условиях производства. Используя данный подход, можно оценить надежность таких работников при наличии стойких функциональных изменений в состоянии здоровья различной степени выраженности путем определения значений надежности при наличии отдельных ограничений жизнедеятельности.

Ключевые слова: охрана труда; работник с инвалидностью; надежность; ограничения жизнедеятельности

EMPLOYEE RELIABILITY ANALYSIS BY CRITERIA OF LIFE ACTIVITIES LIMITATIONS

DANOVA K.V.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
KHVOROST M.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
MALYSHEVA V.V.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

^{1*} Occupational and Life Safety Department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 17, Marshal Bazhanov Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, e-mail: bgd@kname.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1994-703X

² Occupational and Life Safety Department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 17, Marshal Bazhanov Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-2606-8228

³ Occupational and Life Safety Department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 17, Marshal Bazhanov Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-5849-8206

Abstract. Problem statement. The urgency of the problem of analyzing the employee reliability with stable functional changes in their health is due to the tendency to increase the number of people with chronic diseases and injuries around the world. Paying attention to the issue of organizing labor employment in this category of the population underlines the desire of our country to resolve socio-economic issues important in the context of European integration. Possible increasing the level of occupational injuries, occupational morbidity, as well as the need for investment in the implementation of measures to adapt the workplace to the abilities of the employee, are the main obstacles to the effective employment of persons with disabilities at the workplace. The growing relevance of solving the issue of ensuring safety at workplaces is due to the fact that, when carrying out professional activities, a priori there is a mismatch between the characteristics of the contractor and the requirements of the occupational process and the workplace. Moreover, individual differences in the state of health of persons with disabilities lead to a decrease in the reliability of workers with disabilities. For planning effective decisions on occupational for persons with disabilities, an important step is the development of a methodology for assessing the level of reliability of an employee, taking into account its life activity limitations. **Purpose.** Numerous studies prove the importance of professional integration of people with disabilities, because it is proved that most people with special needs are able to effectively fulfill their professional duties. Improving occupational safety is an effective lever in resolving this issue. The purpose of the article is to analyze the issue of reliability in the context of ensuring the safety of persons with disabilities at the enterprise. **Conclusions.** Taking into account the limitations of life activity showed in the article, the principles of the theory of structural reliability are used, in which the of life activity limitations are divided into groups, determining the significance of their impact on the ability of an employee with a disability to perform safely and effectively professional

activities in a production environment. Using this approach, it is possible to assess the reliability of workers with disabilities in the presence of persistent functional changes in the state of health of various degrees of severity by determining the values of reliability in the presence of individual disabilities.

Keywords: *occupational safety; employee with disability; reliability; vital activity limitations*

Постановка проблеми. Останніми роками в Україні спостерігається зростання рівня виробничого травматизму з тяжкими наслідками: в 2017 р. в Україні сталося 366 нещасних випадків зі смертельними наслідками, а у 2019 р. таких нещасних випадків було 422 [3]. Ці показники перевищують аналогічні для країн Європейського союзу: так, наприклад, у Португалії кількість нещасних випадків на виробництві зі смертельним результатом становила 140, Чехії – 95, Угорщині – 80, Бельгії – 59, Словаччині – 43 [11]. Загальна кількість нещасних випадків на виробництві також залишається високою порівняно із країнами Європейського союзу. Аналіз причин нещасних випадків показує, що значною мірою їх поява зумовлена невідповідністю психофізіологічних характеристик працівників вимогам, що висуваються особливістю робочих місць та технологічних процесів.

Інша небезпечна тенденція, що виявляється упродовж останніх десятиріч в усьому світі, характеризується збільшенням чисельності осіб з інвалідністю. Зростання кількості людей, які мають хронічні захворювання, вроджені вади здоров'я, а також стійкі функціональні зміни організму, набуті внаслідок нещасних випадків на виробництві та у побуті, спричинює те, що ймовірність перебування на робочому місці працівника з певними обмеженнями життєдіяльності збільшується. Натомість дотримання рівності у правах на працевлаштування, а також соціально-економічні проблеми, викликані старінням населення Європи і зростанням чисельності осіб із хронічними захворюваннями, зумовлює важливість приділення уваги питанню забезпечення трудової зайнятості уразливих верств населення, зокрема, людей з інвалідністю, похилого віку тощо.

Працевлаштування осіб з інвалідністю може надавати істотний позитивний ефект для бізнесу [9]. Серед основних позитивних

факторів прийняття на роботу працівника з інвалідністю можна зазначити [10]: підвищення рівня соціальної відповідальності та гнучкості бізнесу шляхом дотримання вимог законодавства щодо працевлаштування осіб з інвалідністю, вдосконалення систем менеджменту за рахунок необхідності урахування функціональних особливостей осіб з інвалідністю, підвищення мотивації та відповідальності колективу, поліпшення корпоративного іміджу, охоплення нових сегментів ринку шляхом підвищення рівня обізнаності про потреби людей з інвалідністю та ін.

У праці [6] встановлено, що більшість осіб з особливими потребами здатні виконувати свої професійні обов'язки. Незважаючи на кваліфікацію, досвід і згоду працювати за меншу зарплату (порівнянно з працівниками без інвалідності), ці люди через упереджене ставлення роботодавців мають значні труднощі у працевлаштуванні. Встановлено, що в більшості випадків роботодавці розглядають працівника з інвалідністю як перепону на шляху до розвитку бізнесу. Це пов'язано з порівнянно низьким рівнем працездатності особи з інвалідністю, необхідністю додаткових капіталовкладень на адаптацію робочого місця, посилення контролю за безпекою на робочих місцях. Цим пояснюється той факт, що працівник з інвалідністю має більше шансів знайти роботу в неприбутковій організації [14].

Статистичні дослідження з питань безпеки праці, наведені в [12], показали, що в країнах з низьким рівнем доходу роботодавці не схильні реалізовувати програми адаптації на робочих місцях осіб з інвалідністю, що створює додаткові ризики зростання рівня травматизму. У той же час державні програми в більшості економічно розвинених країн пропонують систему пільг для компаній, які працевлаштовують людей з інвалідністю, для стимулювання

роботодавців до впровадження заходів для нормалізації умов праці, підвищення рівня безпеки.

Із метою забезпечення безпеки й ефективності трудової діяльності на робочих місцях людей з інвалідністю важливо правильно оцінювати стан їх здоров'я, визначати ступінь невідповідності, наслідки цієї невідповідності, а також необхідність упровадження заходів з адаптації робочого місця і трудового процесу. У праці [7] зазначено, що на ефективність працевлаштування осіб з обмеженими можливостями істотно впливає нозологічна група основного захворювання.

У Швеції проаналізовано ефективність працевлаштування понад 4 000 осіб з інвалідністю, які розподілені по групах захворювань: комунікативно-слухові порушення; комунікативно-розмовно-читальні порушення; комунікативно-зорові порушення; психічна непрацездатність; медична непрацездатність; фізична непрацездатність.

Проведений регресійний аналіз показав, що найбільш ефективно працевлаштування осіб з вадами слуху (перша група). Найменш ефективним виявилось працевлаштування людей із психічними захворюваннями (четверта група). Деякі дослідники [7; 8] пов'язують це з низьким рівнем освіти, яку мають представники цієї групи, що стає перешкодою для ефективного працевлаштування.

Інститут праці та здоров'я (IWH) (Канада) [5] провів дослідження щодо уразливості осіб з обмеженими можливостями, в результаті якого встановлено, що люди з інвалідністю мають підвищений ризик, пов'язаний з високим рівнем небезпеки безпосередньо на робочому місці, а також неадекватними засобами захисту їх життя і здоров'я. При цьому зазначено, що високий рівень обмеження активності зумовлює велику вразливість у сфері охорони праці. Таким чином, індивідуальні відмінності у стані здоров'я осіб з інвалідністю зумовлюють зниження надійності працівників з обмеженими можливостями.

Важливою тенденцією на ринку праці постає той факт, що технічний прогрес, постійний розвиток інформаційних технологій і зростання автоматизації викликають зниження кількості робочих місць, де необхідна малоелементна операторська діяльність, а також постійне ускладнення виробничих процесів на робочих місцях, пов'язаних з обслуговуванням техніки. Таким чином, до людини-оператора висуваються підвищені вимоги в аспекті не лише рівня кваліфікації, а й психофізіологічних показників [13], що потребує досліджень функціональної надійності працівників, зокрема, з обмеженнями життєдіяльності.

Мета статті. Організація трудового процесу люди з інвалідністю у разі неадекватного оцінювання функціональних можливостей та відсутності належних заходів із гарантування безпеки може спричинити зниження надійності працівника з обмеженими можливостями, наслідком чого стає виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації на підприємстві.

Мета дослідження – аналіз надійності працівника з інвалідністю з погляду наявних обмежень життєдіяльності з використанням основних засад теорії структурної надійності.

Результати досліджень. Загалом причинами інвалідності можуть бути:

- загальне захворювання;
- інвалідність з дитинства;
- нещасний випадок на виробництві (трудова каліцтво чи інше ушкодження здоров'я);
- професійне захворювання;
- побутовий травматизм;
- поранення, контузії, отримані внаслідок збройних конфліктів.

За наявності стійких функціональних змін у стані здоров'я за направленням лікувально-профілактичного закладу охорони здоров'я після проведення діагностичних, лікувальних і реабілітаційних заходів за наявності відомостей, що підтверджують стійке порушення функцій організму, зумовлене захворюваннями, наслідками травм чи

вродженими вадами, які спричиняють обмеження життєдіяльності, для встановлення інвалідності проводиться медико-соціальна експертиза [4].

Особі, яка визнана особою з інвалідністю, залежно від ступеня розладу функцій органів і систем організму та обмеження її життєдіяльності встановлюється I, II чи III група інвалідності. Підставою для встановлення I групи інвалідності вважаються стійкі, значно вираженої важкості функціональні порушення в організмі, зумовлені захворюванням, травмою або уродженою вадою, що спричиняють значне обмеження життєдіяльності особи, неспроможність до самообслуговування і викликають потребу у постійному сторонньому нагляді, догляді або допомозі [4].

До I групи належать особи з найважчим станом здоров'я, які повністю не здатні до самообслуговування, потребують постійного стороннього нагляду, догляду або допомоги, абсолютно залежні від інших осіб у виконанні життєво важливих соціально-побутових функцій або які частково здатні до виконання окремих елементів самообслуговування.

Підставою для встановлення II групи інвалідності – стійкі, вираженої важкості функціональні порушення в організмі, зумовлені захворюванням, травмою або вродженою вадою, викликають значне обмеження життєдіяльності особи при збереженій здатності до самообслуговування та не спричиняють потреби в постійному сторонньому нагляді, догляді або допомозі.

Підстава для встановлення III групи інвалідності вважаються стійкі, помірно важкості функціональні порушення в організмі, зумовлені захворюванням, наслідками травм або вродженими вадами, що спричинили помірно виражене обмеження життєдіяльності особи, в тому числі її працездатності, але потребують соціальної допомоги і соціального захисту [4].

Враховуючи тяжкий стан здоров'я осіб із I групою інвалідності, за сучасного рівня

можливості адаптації та забезпечення безпеки на робочих місцях вони не можуть здійснювати трудову діяльність в умовах реального виробництва. Таким чином, у більшості випадків на підприємстві чи в організації можуть виконувати професійні завдання працівники із II та III групами інвалідності.

Перелік критеріїв обмежень життєдіяльності, за якими встановлюється інвалідність, визначається Постановою КМ [4]. Усього медико-соціальна експертна комісія розглядає сім критеріїв обмежень життєдіяльності: здатність до самообслуговування, пересування, орієнтації, контролю своєї поведінки, спілкування, навчання, виконання трудової діяльності.

В умовах виробництва вплив кожного з обмежень життєдіяльності на рівень безпеки працівника з інвалідністю не рівнозначний. За наявності на робочому місці, у приміщенні обладнання, інших працівників особливої важливості набувають [2]:

- здатність до орієнтації – можливість самостійно орієнтуватися у просторі та часі, мати уявлення про навколишні предмети. Основні системи орієнтації – це зір та слух (за умови нормального стану психічної діяльності та мови);

- здатність контролювати свою поведінку – можливість поводитись відповідно до морально-етичних і правових норм суспільного середовища;

- здатність до навчання – можливість сприймати, засвоювати та накопичувати знання, формувати навички й уміння побутові, культурні, професійні та ін.) у цілеспрямованому процесі навчання;

- здатність до трудової діяльності – сукупність фізичних та духовних можливостей людини, яка визначається станом здоров'я, що дозволяє їй займатися різного виду трудовою діяльністю.

Ці обмеження вважаються ключовими у визначенні рівня працездатності особи з інвалідністю, а також здатності безпечно виконувати поставлені завдання.

Уявимо функціональний стан працівника з інвалідністю у вигляді

багатокомпонентної системи, яка має послідовно-паралельну структуру з'єднань елементів (рис.).

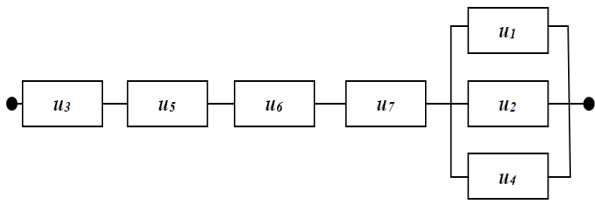


Рис. Схема з'єднання елементів системи

У такій схемі послідовне з'єднання блоків характеризує ситуацію, за якої відмова одного з елементів спричинює відмову усій системі. Паралельне з'єднання означає, що система зберігає свою функціональну спроможність доти, доки хоча б один з елементів паралельного з'єднання зберігає необхідні показники працездатності.

Надійність елементів системи, що з'єднані послідовно, $P_n(t)$, визначається як [1]:

$$P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

де $P_i(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи за наявності i -го обмеження життєдіяльності.

Для паралельного з'єднання елементів надійність $P_m(t)$, характеризуватиметься виразом:

$$P_m(t) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_j(t)), \quad (2)$$

де $P_j(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи за наявності j -го обмеження життєдіяльності.

Для системи, наведеної на рисунку, показник надійності за наявності обмежень життєдіяльності визначатиметься виразом:

$$P_c = [P_3 P_5 P_6 P_7] [1 - ((1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_4))]. \quad (3)$$

Таким чином, оцінюючи надійність оператора, який має інвалідність, для врахування обмежень життєдіяльності доцільно використовувати цей підхід, адже врахування обмежень життєдіяльності надає можливість оцінити рівень небезпеки психофізіологічного характеру та визначити достатність адаптаційних заходів задля гарантування безпеки на робочих місцях.

Висновки. Оцінка надійності працівника з інвалідністю набуває особливої актуальності, якщо він має стійкі функціональні порушення організму, адже це закладає передумови до зростання рівня виробничого травматизму, який в Україні залишається високим порівнянно із країнами Європейського союзу.

Для врахування обмежень життєдіяльності у статті використано засади теорії структурної надійності, за якої обмеження життєдіяльності поділені на групи, що зумовлюють вагомість їх впливу на здатність працівника з інвалідністю безпечно й ефективно виконувати професійну діяльність в умовах виробництва.

Використовуючи цей підхід, можливо оцінити надійність працівників з інвалідністю, які мають стійкі функціональні зміни у стані здоров'я різного ступеня вираженості, шляхом з'ясування значень надійності за наявності окремих обмежень життєдіяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васілевський О. М., Поджаренко В. О. Нормування показників надійності технічних засобів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2010. 129 с.
2. Інструкція про встановлення груп інвалідності. Наказ Міністерства охорони здоров'я України 05.09.2011 № 561. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1295-11> – Назва з екрана.
3. Офіційний сайт Державної служби України з питань праці [Електронний ресурс]. URL: <http://dsp.gov.ua/> (дата звернення 17.02.2020). – Назва з екрана.
4. Питання медико-соціальної експертизи [Електронний ресурс] : станом на 15 бер. 2018 р. Кабінет Міністрів України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1317-2009-%D0%BF/page> (дата звернення 21.03.2018). – Назва з екрана.
5. At Work, Issue 90, Fall 2017: Institute for Work & Health, Toronto. URL: <https://www.iwh.on.ca/newsletters/at-work/90/workers-with-disabilities-report-greater-hazard-exposure-and-lower-protection>.

6. Bara M. A. Employment Of Persons With Disabilities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol. 191. 2015. Pp. 979–983.
7. Bomana T., Kjellberg A., Danermark B., Boman E. Employment opportunities for persons with different types of disability. *ALTER, European Journal of Disability Research*. Vol. 9. 2015. Pp. 116–129.
8. Bonaccio, S., Connelly, C. E., Gellatly, I. R. et al. The Participation of People with Disabilities in the Workplace Across the Employment Cycle : Employer Concerns and Research Evidence. *Journal of Business and Psychology*. 2019. URL: <https://doi.org/10.1007/s10869-018-9602-5>.
9. Danova K., Malysheva V., Rosokha V., Glushenkova I., Popovych N. Maintenance of Labor Resources as Fundamentals of Sustainable Manufacturing Development. *European Journal of Sustainable Development*. 2020. Vol. 9, iss. 1. Pp. 432–441. ISSN: 2239-5938. Doi: 10.14207/ejsd.2020.v9n1p432.
10. Miethlich B., Oldenburg A. G. Employment of Persons with Disabilities as Competitive Advantage : An Analysis of the Competitive Implications. *IBIMA International Business Information Management Association Conference – Education Excellence and Innovation Management through Vision-2020*. Granada, Spain. Vol. 33, April, 2019. DOI: 10.33543/16002/71467158.
11. Number of non-fatal and fatal accidents at work, 2017 (persons) AAW2019.png. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Number of non-fatal and fatal accidents at work, 2017 \(persons\) AAW2019.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Number_of_non-fatal_and_fatal_accidents_at_work,_2017_(persons)_AAW2019.png).
12. Safa Abdalla, Spenser S. Apramian, Linda F. Cantley, Mark R. Cullen. *Injury Prevention and Environmental Health*. 3rd edition. Chapter 6. Occupation and Risk for Injuries. Doi: 10.1596/978-1-4648-0522-6/ch6/
13. The human machine interface as an emerging risk. Literature review. *European Agency for Safety and Health at Work*. Doi: 10.2802/21813.
14. Yuko Mori, Norihito Sakamoto. Economic consequences of employment quota system for disabled people: Evidence from a regression discontinuity design in Japan. *J. Japanese Int. Economies*. Vol. 000. 2017. Pp. 1–14.

REFERENCES

1. Vasilevskiy O.M. and Podzharenko V.O. *Normuvannya pokaznikiv nadiynosti tehnicnih zasobiv : navchalniy posibnik* [Standardization of indicators of reliability of technical means : a textbook]. Vinnitsya : VNTU, 2010, 129 p. (in Ukrainian)
2. *Instruktsiia pro vstanovlennia hrup invalidnosti. Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy 05.09.2011 № 561* [Instructions for establishing disability groups. Order of the Ministry of Health of Ukraine 05.09.2011 no. 561]. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1295-11> (Date of application: 21.02.2019). (in Ukrainian)
3. *Ofitsiinyi sait Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z pytan pratsi* [Official site of the State Labor Service of Ukraine]. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://dsp.gov.ua/> (Date of application : 17.02.2020). (in Ukrainian)
4. *Pytannia medyko-sotsialnoi ekspertyzy [Elektronnyi resurs]: stanom na 15 ber. 2018 r. Kabinet Ministriv Ukrainy* [Questions of medical and social examination [Electronic resource] : as of March 15. 2018. Cabinet of Ministers of Ukraine]. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1317-2009-%D0%BF/page> ((Date of application : 21.03.2018). (in Ukrainian)
5. *At Work*, Issue 90, Fall 2017: Institute for Work & Health, Toronto. URL: <https://www.iwh.on.ca/newsletters/at-work/90/workers-with-disabilities-report-greater-hazard-exposure-and-lower-protection>.
6. Bara M.A. Employment Of Persons With Disabilities. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. Vol. 191, 2015, pp. 979–983.
7. Bomana T., Kjellberg A., Danermark B. and Boman E. Employment opportunities for persons with different types of disability. *ALTER, European Journal of Disability Research*. No. 9, 2015, pp. 116–129.
8. Bonaccio S., Connelly C.E., Gellatly I.R. et al. The Participation of People with Disabilities in the Workplace Across the Employment Cycle: Employer Concerns and Research Evidence. *Journal of Business and Psychology*. 2019. URL: <https://doi.org/10.1007/s10869-018-9602-5>.
9. Danova K., Malysheva V., Rosokha V., Glushenkova I. and Popovych N. Maintenance of Labor Resources as Fundamentals of Sustainable Manufacturing Development. *European Journal of Sustainable Development*. 2020, vol. 9, iss. 1, pp. 432–441. ISSN: 2239-5938. URL: DOI: 10.14207/ejsd.2020.v9n1p432.
10. Miethlich B. and Oldenburg A.G. Employment of Persons with Disabilities as Competitive Advantage: An Analysis of the Competitive Implications. *IBIMA International Business Information Management Association Conference – Education Excellence and Innovation Management through Vision - 2020*. Granada, Spain, vol. 33, April, 2019. URL: DOI: 10.33543/16002/71467158.
11. Number of non-fatal and fatal accidents at work, 2017 (persons) AAW2019.png. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Number of non-fatal and fatal accidents at work, 2017 \(persons\) AAW2019.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Number_of_non-fatal_and_fatal_accidents_at_work,_2017_(persons)_AAW2019.png).
12. Safa Abdalla, Spenser S. Apramian, Linda F. Cantley and Mark R. Cullen. *Injury Prevention and Environmental Health*. 3rd edition. Chapter 6. Occupation and Risk for Injuries. URL: DOI: 10.1596/978-1-4648-0522-6/ch6/.

13. The human machine interface as an emerging risk. Literature review. European Agency for Safety and Health at Work. URL: DOI: 10.2802/21813.

14. Yuko Mori and Norihito Sakamoto. Economic consequences of employment quota system for disabled people: Evidence from a regression discontinuity design in Japan. J. Japanese Int. Economies. Vol. 000, 2017, pp. 1–14.

Надійшла до редакції: 12.10.2020.

УДК 624.134.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.95.703

АНАЛІЗ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

ДІДЕНКО Л. М.^{1*}, канд. техн. наук, проф.,

КЛИМЕНКО Г. О.², канд. техн. наук, доц.,

БОГУШ Є. В.³, студ.,

БАБИЧ О. С.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: didenko.leon@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0410-4953

² Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 763-76-17, e-mail: klimenkoannaalexandr@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-6885-3144

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: evabogush3@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9055-1110

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: babych.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9520-1352

Анотація. Постановка проблеми. Професійні ризики під час виконання робіт із реконструкції інженерних мереж, що проводяться, як правило, в стиснених умовах міської житлової, адміністративної, культурної та промислової забудови, вивчені ще не повністю. Тому для створення безпечних умов праці під час реконструкції інженерних мереж необхідно, як один з етапів, виконати комплексний аналіз професійних небезпек та ризиків, що супроводжують технологічні процеси реконструкції. **Мета статті** – визначення професійного ризику персоналу, зайнятого в роботах із реконструкції інженерних мереж. **Висновки.** 1. Дослідження показали, що за останні роки обсяги будівельних робіт невпинно збільшуються, при цьому обсяги виконання будівельних робіт на інженерних спорудах складають приблизно 51 % від загальних обсягів будівельних робіт. 2. Кількість нещасних випадків на виробництві дещо знизилась і перебуває майже в сталому стані з 2014 року. При цьому, кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком збільшилась та усталилась. 3. Професійний ризик у будівельній галузі України складає $5,3 \cdot 10^{-4} \dots 2,9 \cdot 10^{-4}$, що в критеріях прийнятності ризику за Ешбі вважається неприйнятним ризиком. 4. Кількість робітників, що ризикують отримати травму за годину роботи, знизилась, але слід урахувати і зниження кількості робітників в галузі. Із 2016 року цей показник почав дещо зростати, при цьому з 2016 року збільшилась кількість виконання будівельних робіт з ремонту та реконструкції, тобто тих робіт, які в більшості виконуються в стиснених умовах. 5. На першому місці з небезпечності професій, представники яких задіяні в процесі реконструкції інженерних мереж – це водії вантажних машин, монтажники та електрослюсарі, а менш небезпечні – виконроб (начальник відділу, групи) та армувальник. 6. Для створення безпечних умов праці під час реконструкції інженерних мереж необхідно розробити методіку управління попереджувальними заходами, що знижуватимуть професійні небезпеки та ризики з урахуванням напрямів порушень технологічних процесів.

Ключові слова: професійний ризик; реконструкція; будівництво; інженерні мережі; небезпечний виробничий чинник

АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ВО ВРЕМЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

ДИДЕНКО Л. М.^{1*}, канд. техн. наук, проф.,

КЛИМЕНКО Г. О.², канд. техн. наук, доц.,

БОГУШ Е. В.³, студ.,

БАБИЧ А. С.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: didenko.leon@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0410-4953

² Кафедра безпеки життєдіяльності, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 763-76-17, e-mail: klimenkoannaalexandr@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-6885-3144

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: evabogush3@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9055-1110

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: babych.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9520-1352

Анотація. Постановка проблеми. Професійні ризики при виконанні робіт по реконструкції інженерних мереж, які проводяться, як правило, в стеснених умовах міської житлової, адміністративної, культурної та промислової застройки, вивчені не повністю. Тому для забезпечення безпечних умов праці при реконструкції інженерних мереж необхідно, як один з етапів, виконати комплексний аналіз професійних небезпек і ризиків, які супроводжують технологічні процеси реконструкції. **Цель статьи** – визначення професійного ризику персоналу, зайнятого в роботах по реконструкції інженерних мереж. **Выводы.** 1. Дослідження показали, що за останні роки обсяги виконання будівельних робіт постійно збільшуються; обсяги виконання будівельних робіт на інженерних спорудах становлять приблизно 51 % від загального обсягу будівельних робіт. 2. Кількість нещасних випадків на виробництві декілька разів знизилася і знаходиться в стабільному стані з 2014 року. При цьому кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком збільшилася. 3. Професійний ризик в будівельній галузі України знаходиться в межах $5,3 \cdot 10^{-4} \dots 2,9 \cdot 10^{-4}$, що за критеріями прийнятності ризику по Ешбі вважається неприйнятним ризиком. 4. Кількість працюючих, які ризикують отримати травму за годину роботи знизилася, але слід врахувати зменшення кількості працюючих в галузі. З 2016 року цей показник почав зростати, при цьому з 2016 року збільшилася кількість виконання будівельних робіт по ремонту та реконструкції, тобто таких, які, в основному, виконуються в стеснених умовах. 5. На першому місці за небезпечністю професій, представники яких задіяні в процесі реконструкції інженерних мереж, знаходяться водії вантажних автомобілів, монтажники та електрики, а менш небезпечними вважаються професії прораба (начальника відділу, групи) та арматурника. 6. Для забезпечення безпечних умов праці при реконструкції інженерних мереж, необхідно розробити методику управління попереджувальними заходами, які будуть зменшувати професійні небезпечності та ризики з урахуванням напрямків порушень технологічного процесу.

Ключевые слова: професійний ризик; реконструкція; будівництво; інженерні мережі; небезпечний виробничий фактор

ANALYSIS OF PROFESSIONAL RISKS DURING RECONSTRUCTION OF ENGINEERING NETWORKS

DIDENKO L.M.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech), Prof.*,
KLYMENKO H.O.², *Cand. Sc. (Tech), Assoc. Prof.*,
BOGUSH E.V.³, *Stud.*,
BABYCH O.S.⁴, *Cand. Sc. (Tech), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of safety of vital functions, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: didenko.leon@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0410-4953

² Department of safety of vital functions, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (096) 763-76-17, e-mail: klimenkoannaalexandr@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-6885-3144

³ Department of safety of vital functions, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: evabogush3@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9055-1110

⁴ Department of safety of vital functions, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: babych.oleksandr@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9520-1352

Abstract. Problem statement. Professional risks when performing work on the reconstruction of engineering networks, which are carried out, as a rule, in the cramped conditions of urban residential, administrative, cultural and industrial buildings, have not been fully studied. Therefore, in order to ensure safe working conditions during the reconstruction of engineering networks, it is necessary, as one of the stages, to perform a comprehensive analysis of occupational hazards and risks that accompany the technological processes of reconstruction. **Purpose of the article** –

determination of the professional risk of personnel who are engaged in reconstruction of engineering networks. **Conclusions.** 1. Studies have shown that in recent years, the volume of construction work is constantly increasing, while the volume of construction work on engineering structures is approximately 51 % of the total volume of construction work. 2. The number of accidents at work has somewhat decreased and has been in constant condition since 2014. At the same time, the number of fatal accidents increased. 3. Occupational risk in the construction sector of Ukraine was within the range of $5,3 \cdot 10^{-4} \dots 2,9 \cdot 10^{-4}$, which, in Ashby criteria for accepting risk, is an unacceptable risk. 4. The number of employees at risk of injury per hour of work has decreased, but the decrease in the number of employees in the industry should also be taken into account. Starting in 2016, this indicator began to slightly increase, while the number of construction works for repair and reconstruction, that is, those works that are mainly carried out in cramped conditions, has also increased since 2016. 5. In the first place in terms of the danger of professions whose representatives are involved in the reconstruction of engineering networks, there are truck drivers, installers and electrical fitters, and less dangerous are the foreman (head of department, group) and the reinforcer. 6. To ensure safe working conditions during the reconstruction of engineering networks, it is necessary to develop a methodology for managing preventive measures that will reduce occupational hazards and risks, taking into account the directions of violations of the technological process.

Keywords: *occupational risk; reconstruction; building; network engineering; dangerous production factor*

Постановка проблеми. Підвищення рівня захисту робітників від професійного ризику в процесі трудової діяльності – головний обов’язок роботодавця і головний напрям діяльності всіх спеціальних підприємств. Рішення про оцінювання ризиків приймає роботодавець. Він повинен забезпечити виділення необхідних ресурсів для оцінювання ризиків, визначити завдання, пов’язані з оцінюванням і призначити осіб для участі у цій роботі. Оцінювання ризику – комплексне завдання, тому його повинна виконувати оціночна група, в яку бажано включати і представників безпосередньо виконавців процесу [1].

Виробниче середовище та умови праці можна оцінити лише з певним рівнем суб’єктивізму, оскільки вимірювання у цій галузі проводяться переважно з використанням експертного оцінювання лише непрямим шляхом. Щоб поліпшити рівень безпеки виробництва, необхідно систематично проводити аналіз ступеня професійного ризику [2].

Професійні ризики під час виконання робіт із реконструкції інженерних мереж, що проводяться, як правило, у стиснених умовах міської житлової, адміністративної, культурної та промислової забудови, вивчені ще не повністю.

Тому для забезпечення безпечних умов праці під час реконструкції інженерних мереж необхідно, як один з етапів, виконати комплексний аналіз професійних небезпек та ризиків, які супроводжують технологічні процеси реконструкції.

Аналіз публікацій. Вивченню питань професійного ризику, в тому числі і в будівельній галузі, приділено увагу в багатьох працях, як вітчизняних, так і закордонних дослідників. Серед них: В. П. Баскаков, А. С. Беліков, В. В. Голінько, В. І. Єфимов, В. В. Сафонов, Ю. П. Рогач, В. Л. Мелко, Л. І. Григор’єва, Ю. А. Томілін, А. М. Огороднік, Лариса Кашинцева, Олександр Хадарцев, Олександр Хрупачев, Х. Франк [3], Д. Тройс [4] та інші. В працях цих учених розглянуто: концепцію ризику в охороні праці, ризик як кількісну міру небезпек, структуру професійного ризику, методологічні засади оцінювання професійного ризику тощо.

Але в дослідженнях цих авторів оцінювання професійного ризику під час виконання робіт із реконструкції інженерних мереж у стиснених умовах не розглядалось.

Враховуючи, що за останні роки збільшуються обсяги робіт із капітального ремонту інженерних мереж і їх реконструкції в умовах щільної міської забудови, дослідження в вищезазначеному напрямку бачаться важливими та актуальними, як у науковому, так і в практичному аспектах.

Мета статті – визначення професійного ризику персоналу, зайнятого в роботах із реконструкції інженерних мереж.

Результати досліджень. Аналіз поширення та тяжкості нещасних випадків на виробництві – важливий інструмент системи управління охороною праці, як на

окремих робочих місцях, ділянках, підприємствах і галузях промисловості, так і у країні в цілому [5].

У процесі дослідження професійного ризику під час реконструкції інженерних мереж за даними Державної служби

статистики України було проведено аналіз обсягу виконання будівельних робіт на будівлях та спорудах, а також окремо на інженерних спорудах в Україні. Результати аналізу наведено на рисунку 1.

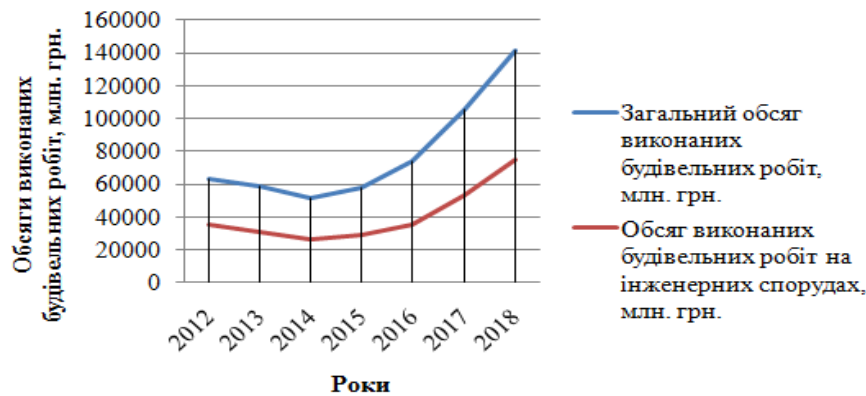


Рис. 1. Обсяги виконаних будівельних робіт в Україні

Із рисунка 1 видно, що за останні роки обсяги виконання будівельних робіт невідмінно збільшуються, при цьому обсяги виконання таких робіт на інженерних спорудах складають приблизно 51 % від загальних обсягів будівельних робіт. При цьому відомо, що вартість інженерних мереж у загальній вартості міської забудови

великих міст України коливається в межах 30 %.

Аналіз статистичних даних дозволив виконати дослідження співвідношень виконання будівельних робіт, пов'язаних із новим будівництвом і з ремонтними роботами та реконструкцією. Таке співвідношення наведено на рисунку 2.

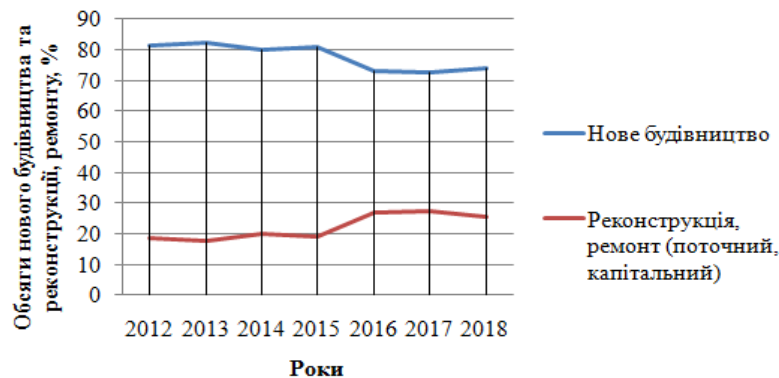


Рис. 2. Співвідношення обсягів виконаних будівельних робіт із нового будівництва та реконструкції й ремонту в Україні

Рисунком 2 показує, що за останні роки все більше уваги приділяється саме роботам із ремонту та реконструкції.

У ході дослідження виконано аналіз виробничого травматизму в будівельній галузі України (в тому числі і зі смертельним наслідком), виконаний за даними Державної служби статистики

України та інших статистичних джерел. Результати аналізу наведено на рисунках 3 та 4.

Із рисунка 3 зрозуміло, що кількість нещасних випадків на виробництві дещо знизилась та перебуває майже в сталому стані з 2014 року.

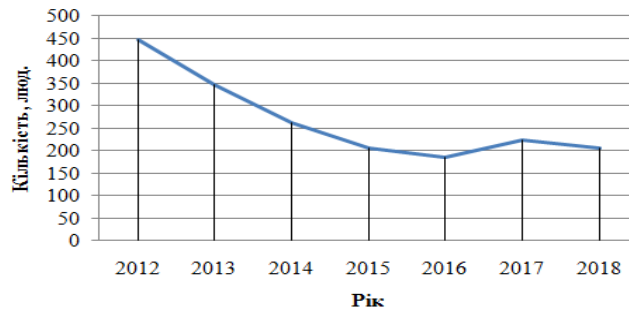


Рис. 3. Аналіз виробничого травматизму в будівельній галузі України

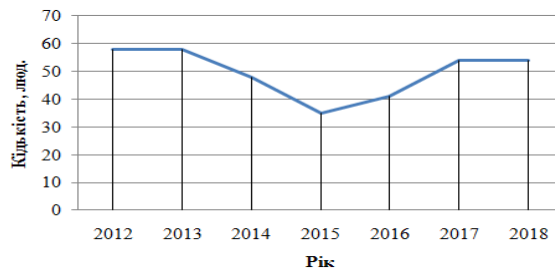


Рис. 4. Аналіз виробничого травматизму в будівельній галузі України зі смертельним наслідком

Рисунок 4 демонструє, що кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком збільшилась та усталилась. Можливо, це пов'язано частково з тим, що, починаючи з 2015 року збільшилась кількість робіт із реконструкції та ремонту, тобто будівельні роботи стали більше

виконувати в стиснених умовах, що більш небезпечно та незручно для робітників.

Під час дослідження було також виконано аналіз статистичних даних із зайнятості осіб у будівельних роботах наведений на рисунку 5.

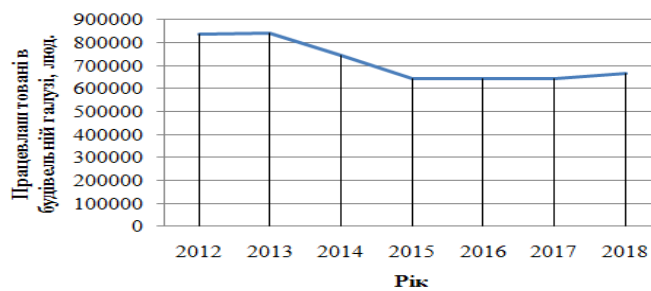


Рис. 5. Аналіз зайнятості осіб в будівельних роботах

Із рисунка 5 видно, що кількість працівників дещо знизилась, але з 2018 року почала збільшуватись. Частка галузі будівництва у ВВП України перебуває на рівні 8%, вона залучає 10% від загальної чисельності зайнятого населення. Будівництво – одна з найважливіших галузей національної економіки й істотно відрізняється від інших галузей [6].

Такий аналіз допоміг розрахувати професійний ризик за відомою формулою [7]. Результати розрахунку наведено на рисунку 6.

З рисунка 6 бачимо, що професійний ризик у будівельній галузі України перебуває в межах $5,3 \cdot 10^{-4} \dots 2,9 \cdot 10^{-4}$, що в критеріях прийнятності ризику за Ешбі [8] вважається неприйнятним ризиком, тобто ризик травмування людей більший за прийнятний у 530 разів (2012 рік), або у 290 разів (2016 рік). Таким чином, коефіцієнт частоти виникнення небезпечної ситуації у 2012 році склав – 0,53, а в 2016-му році – 0,29.

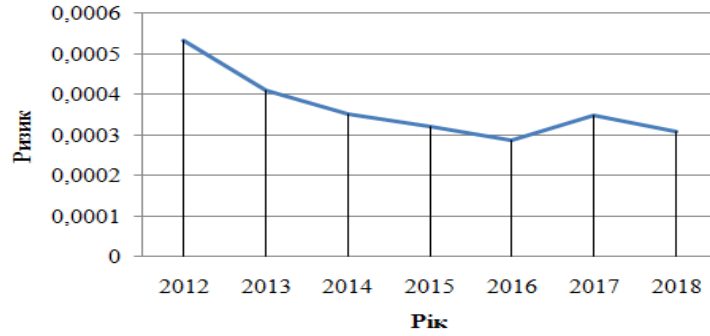


Рис. 6. Розрахунок професійного ризику під час виконання будівельних робіт

Звичайно, за такого визначення ризик відносно конкретної особи – це досить умовна величина, тому що тут не враховуються індивідуальні особливості людини. У цьому випадку ризик виступає як міра небезпечності чинника для працівників і являє собою узагальнену оцінку [9].

Для надання кількісної оцінки фактичного ризику, дані травматизму на робочих місцях повинні бути повністю пов’язані зі ступенем схильності до ризику,

залежним від кількості робочих годин. Із цього можна отримати показник, що являє собою ризик отримати травму за годину роботи, тобто частоту нещасних випадків [5].

На рисунку 7 наведено результати розрахунку ризику отримання травми за годину роботи. При цьому враховувалася кількість робочих годин за рік при 40-годинному робочому тижні в Україні [10].

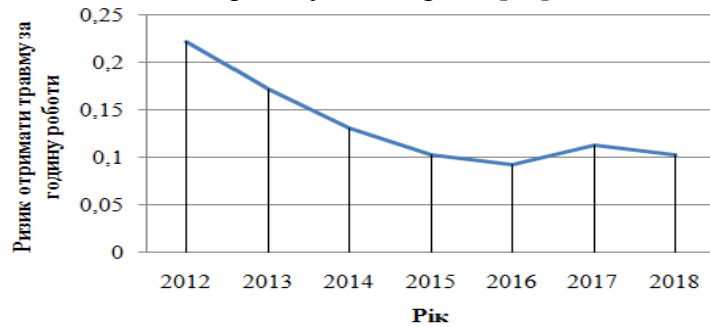


Рис. 7. Результати розрахунку ризику отримання травми за годину роботи в будівництві

Із рисунка 7 видно, що цей показник у будівельній галузі України в розглянуті роки змінюється від 0,1 до 0,22. Дані розрахунку кількості тих, хто ризикує

отримати травму за годину роботи в будівельній галузі України, розраховані і наведені на рисунку 8.

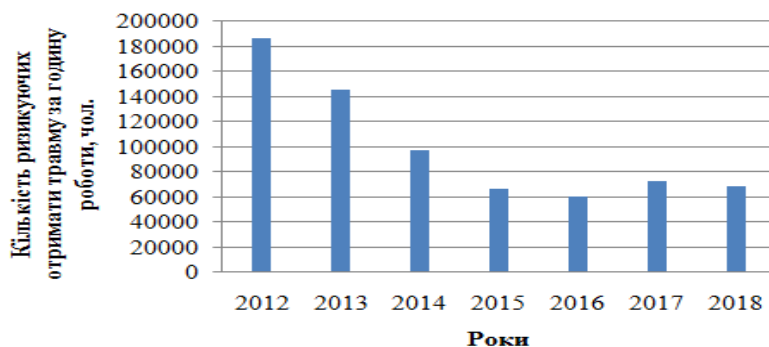


Рис. 8. Кількість тих, хто ризикує отримати травму за годину роботи в будівельній галузі України

Рисунком 7 показує, що кількість робітників, які ризикують отримати травму,

знизилася, але, слід враховувати і зниження кількості самих робітників. Починаючи

з 2016 року цей показник почав дещо зростати, при цьому із цього часу збільшилась кількість виконання будівельних робіт із ремонту та реконструкції, тобто таких, що в більшості виконуються в стиснених умовах.

Для вивчення рівня гарантування безпеки робітників на місці виконання робіт із реконструкції інженерних мереж у стиснених умовах міської забудови розроблено анкету для експертного опитування спеціалістів. В опитуванні взяли участь інженерно-технічні робітники будівельно-монтажних організацій, представники служби охорони праці, науково-технічні робітники вищих навчальних закладів.

Усі спеціалісти мають значний стаж та досвід роботи у сфері безпечної організації технологічних процесів, пов'язаних із реконструкцією інженерних мереж. За результатами експертного опитування проведено обробку отриманих даних за допомогою методу рангової кореляції. Розглянуто сумарне ранжування і

розраховано коефіцієнт рангової кореляції за Спірменом.

Коефіцієнт конкордації для даних досліджень вищий 0,5, що свідчить про погодженість думок експертів із вірогідністю до 95 % [11]. За отриманими даними цього дослідження ретельно вивчено декілька питань, пов'язаних із професійними ризиками під час виконання робіт із реконструкції інженерних мереж у стиснених умовах міської забудови.

Проаналізовано 42 будівельні професії, представники яких беруть участь у реконструкції та ремонті інженерних мереж, за рівнем небезпеки (за допомогою експертного опитування та аналізу травматизму). Таке дослідження показало, що на представників 11 з них припадає 53,3 % усіх травм, пов'язаних із виробництвом. Саме ці професії беруть участь у подальшому дослідженні.

На рисунку 8 наведено співвідношення найнебезпечніших будівельних професій на будівельному майданчику під час виконання робіт із реконструкції інженерних мереж.



Рис. 8. Співвідношення найнебезпечніших будівельних професій на будівельному майданчику під час виконання робіт із реконструкції інженерних мереж: 1 – водій вантажної машини; 2 – монтажник; 3 – електрослюсар; 4 – машиніст; 5 – муляр; 6 – підсобний робітник; 7 – бетоняр; 8 – зварник; 9 – стропальник; 10 – виконроб (начальник відділу, групи); 11 – армувальник

Із рисунка 8 видно, що на першому місці з небезпечності професій, представники яких задіяні у процесі реконструкції інженерних мереж, водії вантажних машин, монтажники та електрослюсарі, а менш небезпечна робота у виконроба (начальника відділу, групи) та армувальника. При цьому ризик отримати травму за годину роботи серед водіїв вантажних машин та монтажників в 2018 році склав – 0,0015; електрослюсарів – 0,0005, виконробів і армувальників – близький до 0.

Висновки. 1. Дослідження показали, що за останні роки обсяги будівельних робіт невпинно збільшуються, при цьому обсяги таких робіт на інженерних спорудах складають приблизно 51 % від загальних обсягів будівельних робіт.

2. Кількість нещасних випадків на виробництві дещо знизилась та перебуває майже в сталому стані з 2014 року. При цьому кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком збільшилась та усталилась.

3. Коефіцієнт професійного ризику у будівельній галузі України знаходиться в межах $5,3 \cdot 10^{-4} \dots 2,9 \cdot 10^{-4}$, що в критеріях прийнятності ризику за Ешбі вважається неприйнятним ризиком.

4. Кількість робітників, що ризикують отримати травму за годину роботи, знизилася, але, слід враховувати і зниження кількості робітників в галузі. Починаючи з 2016 року цей показник почав дещо зростати, при цьому збільшилась кількість виконання будівельних робіт із ремонту та реконструкції, тобто таких, що в більшості виконуються у стиснених умовах.

5. На першому місці з небезпечності професій, представники яких задіяні в процесі реконструкції інженерних мереж, водії вантажних машин, монтажники та електрослюсарі, а менш небезпечні професії – виконроба (начальника відділу, групи) та армувальника.

6. Для гарантування безпечних умов праці під час реконструкції інженерних мереж необхідна методика управління попереджувальними заходами, що знижуватимуть професійні небезпеки та ризику з урахуванням напрямів порушень технологічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рогач Ю. П. Практичні підходи по оцінці ризику нещасних випадків на підприємствах АПК. *Smart and Young*. Київ. № 7. 2016. С. 76–81.
2. Віткін Л. М., Ролько О. Р. Методика оцінювання ступеню професійного ризику в умовах виробничої діяльності на м'ясопереробному підприємстві. *Системи обробки інформації*. 2016. Вип. 2 (139). С. 156–159.
3. Frank H. Knight : Risk, Uncertainty & Profit. Chicago Press. 1971. 119 p.
4. Troyce D. Jones and ed. Risk, Analisis, Chemical Scoring by a Rapid Screening of Hazar (RASH) Metod COWIconsult. 1988. Vol. 8, № 1. Pp. 99–118.
5. Лариса Кашинцева, Александр Хадарцев, Александр Хрупачев. Производственная безопасность и професстональный риск. Актуальные вопросы современных профессиональных рисков. *LAP LAMBERT Academic Publishing*. Saarbrucken, Deutshland. 2012. 445 с.
6. Мелко В. Л. Механізми державного регулювання страхової діяльності в будівельній сфері : дис. ... канд. наук з державного управління : 05. 00. 02. Мін-во освіти і науки України : Чернігівський національний технологічний університет. Чернігів, 2017. 199 с.
7. Сафонов В. В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей : навч. посіб. Київ : Основа, 2011. 480 с.
8. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А., Огородник А. М. Ризик у безпеці життєдіяльності: оцінка й управління : методичні рекомендації до самостійної роботи та виконання індивідуальних розрахункових робіт. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 52 с. (Методична серія; Вип. 2014).
9. Голінько В. І. Основи охорони праці: підручничко. Мін-во освіти і науки України : Нац. гірн. ун-т. 2-ге вид. Дніпро : НГУ, 2014. 271 с.
10. HR Лига. Сообщество кадровиков и специалистов по управлению персоналом. Офиц. сайт: hrliga.com.
11. Диденко Л. М., Клименко А. А. Обеспечение безопасности при выполнении работ по реконструкции водопроводных сетей в стесненных условиях. *Вестник Приднпировской государственной академии строительства и архитектуры*. Днипро, 2016. № 7 (220). С. 29–37.

REFERENCES

1. Rogach U. *Pracktychni pidhody po ocinci ryzyku neschasnyh vyypadkiv na pidpryemstvah APK* [Practical approaches to assessing the risk of accidents at agricultural enterprises APK]. *Smart and Young*. No. 7, Kyiv, 2016, pp. 76–81. (in Ukrainian)
2. Vitkin L. and Rolko O. *Metodyka ocinuvannia stupeniu profesijnogo ryzyku v umovah vyrobnychoi diyalnosti na m'jasopererobnomu pidpryemstvi* [Methods for assessing the degree of occupational risk in terms of production activities at a meat processing plant]. *Systemy obrobky informacii* [Information Processing Systems]. 2016, vol. 2 (139), pp. 156–159. (in Ukrainian)
3. Frank H. Knight : Risk, Uncertainty & Profit. Chicago Press, 1971, 119 p.
4. Troyce D. Jones and ed. Risk, Analisis, Chemical Scoring by a Rapid Screening of Hazar (RASH) Metod COWIconsult. 1988, vol. 8, no. 1, pp. 99–118.
5. Kashinceva L., Hadarcev A. and Hrupachev A. *Proizvodstvennaya bezopasnost' i professional'nyy risk. Aktualnie voprosi sovremennih professionalnih riskov* [Occupational safety and occupational risk. Actual questions of modern professional risks]. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrucken, Deutshland, 2012, 445 p. (in Russian).

6 Melko V.L. *Mekhanizmy derzhavnoho rehulyuvannya strakhovoyi diyal'nosti v budivel'niy sferi: dys. ... kand. nauk z derzhavnoho upravlinnya: 05. 00. 02* [Mechanisms of state regulation of insurance activity in the construction industry: dis. ... Cand. Sciences in Public Administration: 05. 00. 02]. Min-vo osvity i nauky Ukrainy: Chernigivskiy nacional'nyy tekhnologichnyy universytet. Chernyiv, 2017, 199 p. (in Ukrainian)

7. Safonov V.V. *Inzhenerni rishennya z oxorony praci pry rozrobci dyplomnykh proektiv inzhenerno-budivel'nykh special'nostej : navch. posibnyk* [Engineering solutions for labor protection in the development of diploma projects of engineering and construction specialties : textbook manual]. Kyiv : Osnova, 2011, 480 p. (in Ukrainian)

8. Grygor'yeva L.I., Tomilin Yu. A. and Ogorodnyk A. M. *Ryzik u bezpetsi zhyttyediyal'nosti: otsinka y upravlinnya: metodychni rekomendatsiyi do samostynoyi roboty ta vykonannya indyvidual'nykh rozrakhunkovykh robit* [Risk in safety of life: assessment and management: methodical recommendations to independent work and performance of individual settlement works]. *Vy'davnyctvo ChDU imeni Petra Mogilya* [BSU Publishing House named after Petra Mogili]. Mykolaiv, 2013, 52 p. (in Ukrainian)

9. Golin'ko V.I. *Osnovy okhorony pratsi: pidruchnyk* [Fundamentals of labor protection : a textbook]. Min-vo osvity i nauky Ukrainy: Natsionalniy girnychiy universitet. Second ed. Dnipro: NGU Publ., 2014, 271 p. (in Ukrainian).

10. HR Ly'ga. *Soobshhestvo kadrov'kov y' spetsy'aly'stov po upravleniyu personalom. Ofy'cz. Sajt: hrliga.com* [HR League. Community of HR and HR professionals]. (in Russian)

11. Dy'denko L.M. and Kly'menko A. A. *Obespecheniye bezopasnosti pri vypolnenii robot po rekonstruktsii vodoprovodnykh setey v stesnennykh usloviyakh* [Ensuring safety when performing work on the reconstruction of water supply networks in cramped conditions]. *Vistnik Pridneprovskoy gosudarstvennoy akademii stroitel'stva i arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. No. 7 (220), Dnipro, 2016, pp. 29–37. (in Russian)

Надійшла до редакції: 15.09.2020 р.

УДК 502.1:504.38

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.104.704

ВПЛИВ ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ВНАСЛІДОК КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ СОЦІАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

КОВАЛЬОВА А. В.¹
КРАВЧЕНКО М. В.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
КЛИМОВА І. В.³, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38 (050) 261-09-99, e-mail: Ph.kovalova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1060-3425

^{2*} Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38 (096) 238-95-75, e-mail: marina-diek@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0428-6440

³ Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва та архітектури, пр. Повітрофлотський, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38 (067) 501-74-79, e-mail: IKlimova@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-5591-9952

Анотація. Постановка проблеми. Розглядається одне з ключових питань безпеки людей, які працюють просто неба – підвищення забруднення атмосферного повітря в умовах глобальних кліматичних змін. На основі аналізу моніторингових даних стаціонарних постів спостережень в м. Києві за станом атмосферного повітря показано позитивну динаміку за основними компонентами – забруднювачами атмосферного повітря протягом останніх років та їх тісний кореляційний зв'язок із температурними умовами. Розрахунок неканцерогенного ризику на здоров'я працівників показав значний рівень, що потребує для виробничих умов динамічного контролю та вирішення питання про заходи управління ризиком. Ризик-орієнтовний підхід дозволяє провести ідентифікацію не лише наявності речовини та її концентрації, а також ймовірності і ступеня її впливу на людину за даної експозиції. **Мета статті** – аналіз впливу підвищення температури та забруднення атмосферного повітря міського середовища внаслідок кліматичних змін на здоров'я працівників із метою розроблення заходів зі зниження викидів забруднювачів в атмосферу та захисту працівників, які перебувають протягом робочого дня на відкритому просторі. **Висновок.** Досягти прийнятного рівня ризику для працівників у зонах максимального його значення можливо шляхом упровадження відповідних заходів, які обов'язково повинні передбачати та включати, окрім організації виробництва, вибір оптимального режиму праці і відпочинку, також індивідуальний захист, а саме: спеціальний одяг або одяг із натуральних тканин, засоби захисту органів дихання, голови, очей, шкіри, дотримання правильного питного режиму, лікувально-профілактичного харчування, залучення до роботи працівників із віковими обмеженнями, проведення постійного моніторингу погодних умов, і, у разі їх погіршення, негайного вживання відповідних заходів для поліпшення умов праці.

Ключові слова: безпека життя і здоров'я працівників; забруднення атмосферного повітря; кліматичні зміни; підвищення температури; соціальна інфраструктура; рівень ризику; ризик-орієнтований підхід; міське середовище

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

КОВАЛЕВА А. В.¹,
КРАВЧЕНКО М. В.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
КЛИМОВА И. В.³, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38 (050) 261-09-99, e-mail: Ph.kovalova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1060-3425

^{2*} Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38 (096) 238-95-75, e-mail: marina-diek@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0428-6440

³ Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38 (067) 501-74-79, e-mail: IKlimova@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-5591-9952

Аннотация. Постановка проблемы. Рассматривается один из ключевых вопросов безопасности людей работающих на открытом воздухе – повышение загрязнения атмосферного воздуха в условиях глобальных климатических изменений. На основании анализа мониторинговых данных стационарных постов наблюдений в г. Киев за состоянием атмосферного воздуха показана положительная динамика по основным компонентам – загрязнителям атмосферного воздуха в течение последних лет и их тесная корреляционная связь с температурными условиями. Расчет неканцерогенного риска на здоровье работников показал значительный уровень, что требует для производственных условий динамического контроля и решения вопроса о мерах управления риском. Риск-ориентированный подход позволяет идентифицировать не только наличие вещества и его концентрацию, а также вероятность и степень его воздействия на человека при данной экспозиции. **Цель статьи** – анализ влияния повышения температуры и загрязнения атмосферного воздуха городской среды вследствие климатических изменений на здоровье работников с целью разработки мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и защите работников, находящихся в течение рабочего дня на открытом воздухе. **Вывод.** Приемлемый уровень риска для работающих в зонах максимального его значения может быть достигнут путем внедрения соответствующих мероприятий, которые обязательно должны предусматривать и включать, кроме организации производства, выбора оптимального режима труда и отдыха, также индивидуальную защиту, а именно: специальную одежду или одежду из натуральных тканей, средства защиты органов дыхания, головы, глаз, кожи, соблюдение правильного питьевого режима, лечебно-профилактического питания, привлечение к работе людей с возрастными ограничениями, проведение постоянного мониторинга погодных условий и при их ухудшении немедленного принятия соответствующих мер для улучшения условий труда.

Ключевые слова: безопасность жизни и здоровья работников; загрязнение атмосферного воздуха; климатические изменения; повышение температуры; социальная инфраструктура; уровень риска; риск-ориентированный подход; городская среда

INFLUENCE OF INCREASING TEMPERATURE AND POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR OF THE CITY ENVIRONMENT AS A RESULT OF CLIMATIC CHANGES ON THE HEALTH OF WORKERS OF SOCIAL INFRASTRUCTURE

KOVALIOVA A.V.¹,
KRAVCHENKO M.V.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
KLIMOVA I.V.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Labor and Environmental Protection, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotskyi Ave., 03680, Kyiv, Ukraine, tel. +38 (050) 261-09-99, e-mail: Ph.kovaliova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1060-3425

^{2*} Department of Labor and Environmental Protection, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotskyi Ave., 03680, Kyiv, Ukraine, tel. +38 (050) 261-09-99, e-mail: marina-diek@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0428-6440

³ Department of Labor and Environmental Protection, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotskyi Ave., 03680, Kyiv, Ukraine, tel. +38 (050) 261-09-99, e-mail: IKlimova@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-5591-9952

Abstract. Problem statement. This article examines one of the key safety issues for workers in the open air – the increase in air pollution in the context of global climate change. Based on the analysis of monitoring data from stationary observation posts in Kiev for the state of atmospheric air, a positive trend is shown for the main components - air pollutants in recent years and their close correlation with temperature conditions. The calculation of the non-carcinogenic risk to the health of workers showed a significant level, which requires dynamic control for the production environment and a solution to the issue of risk management measures. The risk-oriented approach allows identifying not only the presence of a substance and its concentration, but also the likelihood and degree of its impact on a person at a given exposition. **Purpose of the article** is to analyze the effect of increasing temperature and air pollution in the urban environment due to climate change on the health of workers with the aim of developing measures to reduce emissions of pollutants into the atmosphere and protect workers who are outdoors during the working day. **Conclusion.** Achieving

an acceptable level of risk for workers in the areas of its maximum level can be achieved by introducing appropriate measures, which must necessarily include, in addition to organizing production, the choice of the optimal mode of work and rest, as well as personal protection equipment, namely: overalls or clothing made of natural fabrics, protective equipment for the respiratory system, head, eyes, skin, adherence to correct drinking regime, therapeutic and prophylactic nutrition, attraction to work of workers with age restrictions, constant monitoring of weather conditions and, when they deteriorate, immediate adoption of appropriate measures to improve the working conditions of workers in the open air.

Keywords: *safety of life and health of workers; air temperature; climate change; temperature increase; social infrastructure; risk level; risk-based approach; urban environment*

Постановка проблеми. Одна з найважливіших екологічних проблем міського середовища – значне забруднення атмосферного повітря. В першу чергу, звичайно, це пов'язано з кількістю та інтенсивністю джерел забруднення, але так само важливу роль відіграють метеорологічні умови, які можуть сприяти розсіюванню забруднювальних речовин, і стати причиною підвищення їх концентрації. На концентрацію домішок в атмосфері впливають: напрямок і швидкість вітру, температурні інверсії, інтенсивність і тривалість атмосферних опадів, також інші метеорологічні умови та природні явища, зокрема, і кліматичні зміни, що сьогодні дуже чітко спостерігаються на планеті Земля. Підвищення температури стає причиною підвищення забруднення атмосферного повітря. Постійні атмосферні забруднення викликають загальну захворюваність населення.

Існує прямий зв'язок між інтенсивністю забруднення повітря і станом здоров'я людини, а також зростанням хронічних неспецифічних захворювань, зокрема, таких як атеросклероз, хвороби серця, рак легенів тощо. Забруднене повітря значно знижує імунну систему. Забруднення впливають на органи дихання, сприяючи виникненню респіраторних захворювань, захворювань верхніх дихальних шляхів, ларингіту, ларинготрахеїту, фарингіту, бронхіту, пневмонії. Вони спричиняють серцево-судинні та інші захворювання, зумовлюють виникнення віддалених наслідків, тобто мутагенну, канцерогенну, гонадотоксичну, тератогенну, алергенну, ембріотоксичну й атеросклеротичну дію.

Найпершим наслідком атмосферних забруднень стає розвиток специфічних захворювань і отруєнь.

Постає актуальне питання щодо визначення залежностей між основними забруднювачами атмосферного повітря у великих містах, температурним фактором та ризиком для здоров'я працівників, які тривалий час робочого дня перебувають на відкритій території.

Аналіз публікацій. Взаємовплив глобальних температурних змін та забруднення атмосферного повітря міського середовища досить детально розглянуто в працях багатьох авторів. Так, у публікації [1] проаналізовано тенденцію до підвищення забруднення концентрацій СНОН залежно від середньодобової температури в літній період у нейтральній (сталій) атмосфері. Взаємозв'язок між температурними умовами повітря урбоценозів та закисненням атмосфери досліджено в статті [2].

Автор на основі методів статистичного аналізу обробки банку моніторингових даних атмосферного повітря великого промислового міста встановив, що за останні два десятиліття сформувався від'ємний статистичний зв'язок між показником рН та кількістю атмосферних опадів. Сезонний характер цього зв'язку говорить про те, що температура атмосферного повітря стає опорним фактором у формуванні динаміки рН та опадів.

У працях [3; 4] автори дослідили тенденцію до зростання концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі м. Київ за підвищення середньодобової температури в літній період у нейтральній (сталій) атмосфері, яка зумовлена фотохімічними перетвореннями в атмосфері.

Фактор підвищення концентрацій забруднювальних речовин у повітрі в

умовах аномальної спеки негативно позначається на здоров'ї працівників, які перебувають у цей час на відкритому просторі. Це, перш за все, робітники комунальної служби, ремонтувальники доріг, будівельники тощо.

Для обґрунтування висновку щодо безпечності роботи на території відкритого майданчика необхідно знати референтні концентрації за гострого та хронічного впливу забруднювачів, які містяться у повітрі на території виконання робіт. А за присутності канцерогенних речовин у повітрі таких, наприклад, як формальдегід, у місцях великого скупчення автотранспортних засобів, необхідно проводити оцінювання канцерогенного ризику для здоров'я робітників, які перебувають більшу частку робочого часу просто неба.

Наявність шкідливих речовин у певній концентрації, що перевищує допустимий рівень, потребує прийняття природоохоронних заходів для зниження концентрацій забруднювача і, звісно, певних витрат, які безумовно зростають в умовах підвищення температури повітря внаслідок глобальних кліматичних змін.

Виходячи з вищенаведеного, постає актуальне питання щодо визначення залежностей між основними забруднювачами атмосферного повітря у великих містах, температурним фактором та ризиком для здоров'я працівників, які більшу частину робочого часу перебувають на відкритій території. Ризик-орієнтовний підхід дозволяє провести ідентифікацію не тільки наявності речовини та її концентрації, а також ймовірності і ступеня її впливу на людину за даної експозиції.

Цей підхід досить детально розглянули автори [5]. В даному випадку природоохоронні заходи здійснюються не по факту наявності токсичної речовини, а за необхідності захисту здоров'я людини (прийнятний або допустимий ризик). В умовах подальшого прогнозованого температурного зростання показників атмосферного повітря міста такий підхід до захисту робітників, які працюють просто неба, бачиться актуальним та своєчасним.

Мета статті – аналіз впливу підвищення температури та забруднення атмосферного повітря міського середовища внаслідок кліматичних змін на здоров'я працівників із метою розроблення заходів зі зниження викидів забруднювачів в атмосферу та захисту здоров'я людей, які працюють протягом робочого дня на відкритому просторі.

Результати досліджень. За даними спостережень Центральної геофізичної обсерваторії та даних літературних джерел, пріоритетними забруднювачами в Києві, окрім формальдегіду, визнано оксид вуглецю, діоксин азоту та пил. За кілька останніх років рівень забруднення атмосферного повітря в Києві, за індексом забруднення атмосфери (ІЗА), оцінювався як високий [6]. Показники діоксиду азоту, формальдегіду, оксиду вуглецю, завислих речовин (пил) та бензапірену мають перевищення гранично допустимої норми більше ніж на 70 %, згідно з даними стаціонарних постів у Дніпровському, Печерському, Оболонському, Святошинському, Солом'янському та Шевченківському районах столиці.

На основі моніторингових даних окремих стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря по Києву у статті [7] зроблено аналіз взаємозв'язку між температурними показниками та основними забруднювачами атмосферного повітря міста. Показано, що температурний показник визначальний для метеорологічних умов місцевості та найбільш тісний взаємозв'язок температурних показників з концентраціями NO_x, СНОН, СО описується найбільш достовірно-поліноміальними залежностями з квадратом похибки полінома в межах від 0,6 до 0,9, відповідно до року спостережень.

Аналіз по всіх 16 діючих на сьогоднішній день постах спостережень за період 2013–2016 роки показав тісний взаємозв'язок між концентраціями пилу в атмосферному повітрі міста та температурними показниками, який представлено на рисунку.

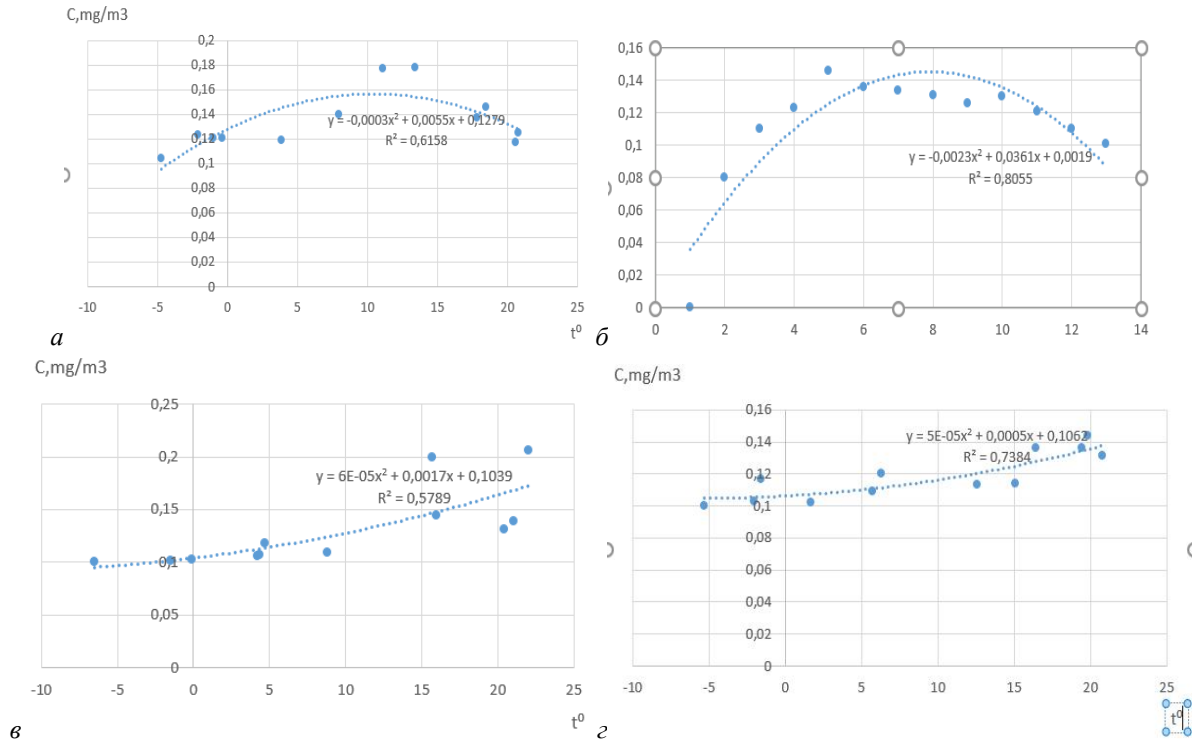


Рис. Залежності концентрації пилу в повітрі м. Київ від середньомісячних температурних показників: а – 2013 р.; б – 2014 р.; в – 2015 р.; г – 2016 р.

Аналіз даних, наведених на рисунку, як і попередні праці авторів, говорить про наявність кореляційного зв'язку між підвищенням концентрації основних забруднювачів атмосферного повітря за підвищення температурних показників в умовах глобальних кліматичних змін.

За прогнозними даними щодо підвищення температурних показників, наведені у звіті Світової організації здоров'я (WHO), антропогенні кліматичні зміни спричинять підняття світових температурних показників від 1,4 до 5,8 °C [8].

Так, на основі моделювання, в м. Чикаго (США), порівняно з базовим роком (2001), за першим кліматичним сценарієм (GFDL) очікується підвищення максимальних значень температури в липні 2095 року з 29,2 до 33,7 °C зі стандартним відхиленням 3,7 °C [9].

Відповідно очікується прогнозоване підняття максимальних річних температурних значень.

Тому, розробляючи методи захисту робітників, які працюють на відкритому просторі, необхідно враховувати, поряд з оцінюванням, і прогнозні дані підвищення

максимальних літніх значень температур та їх вплив на здоров'я працюючих, особливо робітників критично важливої соціальної інфраструктури, а саме: енергетики, транспортної структури, водопостачання, сфери будівництва.

На підставі аналізу моніторингових даних та прогнозних даних підраховано ризику на здоров'я населення за рекомендаціями МР 2.2.12-142- 2007 [10].

Відповідно до нормативного документа визначаємо, що речовини NO₂, СНОН та пил належать до сполук із пороговим механізмом дії, які негативно впливають на органи дихання людини.

Розрахунок неканцерогенного ризику для здоров'я населення від існуючих концентрацій NO₂, СНОН та пилу, від забруднення атмосферного повітря за максимальних літніх температур м. Київ в районі Деміївської площі, на прикладі 2016 року, наведено в таблиці.

Неканцерогенний ризик розраховувався за сумарним критерієм індексу небезпеки (НІ), який визначається як сума коефіцієнтів небезпеки впливу речовин (НҚ). Референтні концентрації за гострого та хронічного

впливу визначаються також відповідно до нормативних документів (табл.).

Аналізуючи дані таблиці класифікації рівнів ризику [5], можна сказати, що стосовно хронічного отруєння рівень ризику значний, у зв'язку з чим для виробничих умов необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих

наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи управління ризиком.

Необхідні подальші дослідження і, можливо, застосування заходів зі зниження викидів забруднювачів в атмосферу та захисту людей, які знаходяться протягом робочого дня працюють на відкритому просторі.

Таблиця

Неканцерогенний ризик за гострого та хронічного впливу забруднювачів, які містяться в атмосферному повітрі м. Київ (Деміївська площа) за даними липня 2016 року

Речовина / Критичні органи, система	СНОН / органи дихання, імун.	NO ₂ / органи дихання	Завислі речовини (пил) / органи дихання	ΣHI = HQ
Референтна концентрація, мг/м ³	0,003	0,04	0,1	–
Виміряна концентрація, мг/м ³	0,024	0,728	0,1	–
HI	7,0	18,2	1,0	26,2

Для отримання прогнозних рівнів неканцерогенних ризиків для здоров'я робітників за підвищення максимальних середньорічних температурних значень використовуємо отримані поліноміальні залежності на основі обробки моніторингових даних стаціонарних постів спостережень.

Середні величини канцерогенного ризику, розраховані для концентрації формальдегіду за цей же період на зазначеній території, перебувають у межах $(2,4...5,7) \cdot 10^{-4}$, що визначається, згідно з прийнятою в країні класифікацією, як середній рівень, тобто допустимий для виробничих умов. У разі впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел та можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком.

Висновки. Прийняттю рівня ризику для здоров'я працівників у зонах максимального його значення можна досягти шляхом упровадження відповідних заходів, які обов'язково повинні передбачати та включати, окрім організації виробництва, вибору оптимального режиму праці і відпочинку, також індивідуальний захист, а саме: спеціальний одяг або одяг із натуральних тканин, засоби захисту органів дихання, голови, очей, шкіри, дотримання правильного питного режиму, лікувально-профілактичного харчування, залучення до роботи працівників із віковими обмеженнями, проведення постійного моніторингу погодних умов, і, у разі їх погіршенні, негайного вживання відповідних заходів для поліпшення умов праці робітників на відкритому просторі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трофімович В. В., Волошкіна О. С., Фандікова М. М., Клімова І. В., Журавська Н. Є. Моніторинг атмосферного повітря. Проблеми моделювання та прогнозування. *Екологічна безпека та природокористування*. 2012. № 10. С. 102–120.
2. Качановский Ф. В. Связь кислотности атмосферных осадков, выпадающих в Твери, с температурой воздуха. *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2013. № 2 (24). С. 28–31.
3. Voloshkina O., Sipakov R., Zhykova O., Bereznitska J. A study of air pollution with formaldehyde along the highways in Kyiv city. *USEFUL – Engineering & Computer Science*. 2018. Vol. 2, № 2. Pp. 1–7.
4. Sipakov R., Trofimovich V., Voloshkina O., Bereznitska J. Impact of Weather Factors on the Speed of the Reaction of Formaldehyde Formation Above Motorway Overpasses. *Environmental Problems*. 2018. Vol. 3, № 2. Pp. 97–102.
5. Орел С. М., Мальований М. С., Орел Д. С. Оцінка екологічного ризику. Вплив на здоров'я людини : навч. посіб. Львів : Вид-во НУ Львівська політехніка, 2013. 224 с.
6. Інформація про стан забруднення навколишнього природного середовища у м. Києві і Київській області за даними спостережень ЦГО ім. Бориса Срезневського. *Центральна геофізична обсерваторія*

ім. Бориса Срезневського: веб-сайт. URL: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv (дата звернення: 03.04.2020).

7. Klimova I., Sipakov R. Influence of meteorological factors on the secondary contamination of atmospheric air by formaldehyde (on example of city of Kyiv). *Scientific Letters of Academic Society of Baludansky*. 2019. № 7. Pp. 75–86.

8. McMichael A. J., Campbell-Lendrum D. H., Corvalán C. F., Ebi K. L., Githeko A., Scheraga J. D., Woodward A. Climate change and human health-risks and responses. *World Health Organization*. 2003. 322 p.

9. Воздействие жары на здоровье: информация и рекомендации по охране здоровья населения. *Всемирная организация здравоохранения* : веб-сайт. URL: <https://www.who.int/globalchange/publications/heat-and-health/ru/> (дата звернення: 10.04.2020).

10. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: методичні рекомендації. Київ : МОЗ України, 2007. 40 с.

11. Сіпаков В., Волошкіна О. С., Березницька Ю. О., Клімова І. В. Оцінка ризику для здоров'я населення від викидів автомобільного транспорту у м. Києві. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2018. № 1 (17). С. 14–20.

REFERENCES

1. Trofimovych V.V., Voloshkina O.S., Fandikova M.M., Klimova I.V. and Zhuravska N.Ye. *Monitoryng atmosfernogo povitrya. Problemy modelyuvannya ta prognozuvannya* [Air monitoring. Problems of modeling and forecasting]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya* [Ecological safety and nature management]. 2012, iss. 10, pp. 102–120. (in Ukrainian)

2. Kachanovskiy F.V. *Svyaz kyslotnosti atmosfernih osadkov vipadayushchih v Tvery, s temperaturoj vozduha* [The relationship of the acidity of precipitation falling in Tver, with air temperature]. *Vestnyk Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo unyversyteta* [Bulletin of Tver State Technical University]. 2013, iss. 2 (24), pp. 28–31. (in Russian)

3. Voloshkina O., Sipakov R., Zhykova O. and Bereznitska J. A study of air pollution with formaldehyde along the highways in Kyiv city. *USEFUL – Engineering & Computer Science*. 2018, vol. 2, no. 2, pp. 1–7.

4. Sipakov R., Trofimovich V., Voloshkina O. and Bereznitska J. Impact of Weather Factors on the Speed of the Reaction of Formaldehyde Formation Above Motorway Overpasses. *Environmental Problems*. 2018, vol. 3, no. 2, pp. 97–102.

5. Orel S.M., Malyovanyj M.S. and Orel D.S. *Ocinka ekologichnogo ryzyku. Vplyv na zdorovya lyudyny* [Environmental risk assessment. Impact on human health]. Lviv : Publishing House of NU Lviv Polytechnic, 2014, 232 p. (in Ukrainian).

6. *Informatsiya pro stan zabrudnennya navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyshcha u m. Kyevi i Kyivskiy kiy oblasti za danyu sposterezhen' TS-HO im. Borysa Sreznevsk'oho. Tsentral'na heofizychna observatoriya im. Borysa Sreznevsk'oho* [Information on the state of environmental pollution in Kyiv and Kyiv region according to the observations of CSO. Boris Sreznevsky. CSO. Boris Sreznevsky] : web-site. (Accessed : 03 April 2020). (in Ukrainian)

7. Klimova I. and Sipakov R. Influence of meteorological factors on the secondary contamination of atmospheric air by formaldehyde (on example of city of Kyiv). *Scientific Letters of Academic Society of Baludansky*. 2019, no. 7, pp. 75–86.

8. McMichael A.J., Campbell-Lendrum D.H., Corvalán C.F., Ebi K.L., Githeko A., Scheraga J.D. and Woodward A. Climate change and human health-risks and responses. *World Health Organization*. 2003, 322 p.

9. *Vozdeystviye zhary na zdorov'ye: informatsiya i rekomendatsii po okhrane zdorov'ya naseleniya. Vsemirnaya organizatsiya zdavookhraneniya* [Health effects of heat: information and recommendations for protecting public health] : web-site. (Accessed : 10 April 2020). (in Russian)

10. *Ocinka ryzyku dlya zdorovya naselelynyia vid zabrudnennya atmosfernogo povitrya* [Assessment of public health risks from air pollution]. Kyiv : MOZ Ukraine, 2007, 40 p. (in Ukrainian)

11. Sipakov R., Voloshkina O., Bereznitska J. and Klimova I. *Ocinka ryzyku dlya zdorovya naselelynyia vid vykydiv avtomobilnogo transportu u m. Kievu* [Assessing the risk to public health from emissions of road transport in Kiev]. *Ekologichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannya* [Environmental safety and balanced resource use]. 2018, iss. 1 (17), pp. 14–20. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 15.09.2020 р.

УДК 622.628

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.111.705

РОЛЬ ТА РІВЕНЬ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЗАХИСНОГО ВИМКНЕННЯ НАПРУГИ У ЗНИЖЕННІ РИЗИКУ ЕЛЕКТРОТРАВМУВАННЯ ЛЮДЕЙ

КОЛОСЮК В. П.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
ЧЕБЕНКО В. М.², *докт. техн. наук, проф.*,
КОЛОСЮК А. В.³, *канд. техн. наук, доц.*,
БРЕДУН Ю. М.⁴, *асист.*

^{1*} Кафедра охорони праці, цивільної та промислової безпеки, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, 39600, Кременчук, Україна, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

² Кафедра технології машинобудування, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, 39600, Кременчук, Україна, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

³ Кафедра прикладної екології, хімії та охорони праці, Донбаська національна академія будівництва та архітектури, вул. Героїв Небесної Сотні, 14, 84333, Краматорськ, Україна, e-mail: wwhale@rambler.ru

⁴ Кафедра охорони праці, цивільної та промислової безпеки, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, 39600, Кременчук, Україна, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

Анотація. *Постановка проблеми.* Захисне вимкнення електроенергії застосовується як засіб безпеки в електроустановках. Завдяки вимкненню напруги за достатньо короткий час людина, що випадково попала під напругу, знеструмлюється і, як показує досвід, залишається живою, не отримуючи небезпечних ушкоджень [1]. Захисне вимкнення здійснюється апаратурою захисту від витоків струму, яка регламентується Правилами безпеки вугільних шахт та правилами безпеки інших галузей, що ведуть підземні роботи і застосовують систему електропостачання з ізолюваною нейтраллю. Але апаратура може не діяти у результаті відмови її конструктивних елементів, особливо елементів електричної схеми, тобто недостатньої надійності приладів. Практичний досвід свідчить, що всі смертельні випадки ураження струмом, які щорічно відбуваються у шахтах, виникають за недіючої системи захисного вимкнення, але в літературних джерелах ці питання та роль надійності висвітлені недостатньо. **Мета статті** полягає в розкритті умов зменшення ризику електроураження шляхом застосування системи захисного вимкнення напруги в системі електропостачання та в обґрунтуванні рекомендації щодо припустимого рівня її надійності для зниження ризику ураження струмом. **Висновок.** Доцільно розглянути логікоматематичну схему формування електротравми як «дерева відмов» електрозахисних засобів у системі електропостачання споживачів з ізолюваною нейтраллю живильного трансформатора; обґрунтувати математичну модель електротравми та встановити зв'язок імовірності ураження струмом з імовірністю безвідмовної роботи системи захисного вимкнення напруги; розкрити значення надійності захисного вимкнення напруги у зниженні ймовірності ураження електрострумом та обґрунтувати формулу для визначення необхідного рівня надійності апаратури захисного вимкнення залежно від припустимого ризику електротравмування.

Ключові слова: *ризик; захисне вимкнення; ізоляція; струм витоку; ймовірність події; надійність*

РОЛЬ И УРОВЕНЬ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМИ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СНИЖЕНИИ РИСКА ЭЛЕКТРОТРАВМИРОВАНИЯ ЛЮДЕЙ

КОЛОСЮК В. П.^{1*}, *докт. техн. наук, проф.*,
ЧЕБЕНКО В. Н.², *докт. техн. наук, проф.*,
КОЛОСЮК А. В.³, *канд. техн. наук, доц.*,
БРЕДУН Ю. Н.⁴, *асист.*

^{1*} Кафедра охраны труда, гражданской и промышленной безопасности, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, ул. Первомайская, 20, 39600, Кременчуг, Украина, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

² Кафедра технологии машиностроения, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, ул. Первомайская, 20, 39600, Кременчуг, Украина, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

³ Кафедра прикладной экологии, химии и охраны труда, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ул. Героев Небесной Сотни, 14, 84333, Краматорск, Украина, e-mail: andrii_vladimirovich@ukr.net

⁴ Кафедра охраны труда, гражданской и промышленной безопасности, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, ул. Первомайская, 20, 39600, Кременчуг, Украина, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

Аннотация. Постановка проблемы. Защитное отключение электроэнергии применяется как средство безопасности в электроустановках. Благодаря отключению напряжения за достаточно короткое время человек, который случайно попал под напряжение, обесточивается и, как показывает опыт, остается живым, не получая опасных повреждений [1]. Защитное отключение осуществляется аппаратурой защиты от утечек тока, которая регламентируется Правилами безопасности угольных шахт и правилами безопасности других отраслей, ведущих подземные работы и применяющих систему электроснабжения с изолированной нейтралью. Но аппаратра может не действовать в результате отказов ее конструктивных элементов, особенно элементов электрической схемы, т. е. недостаточной надежности приборов. Практический опыт свидетельствует, что все смертельные случаи поражения током, которые происходят в шахтах, возникают при недействующей системе защитного отключения, но в литературных источниках эти вопросы и роль надежности освещены недостаточно. **Цель статьи** состоит в раскрытии условий снижения риска электротравмирования путем применения защитного отключения напряжения в системе электроснабжения и в обосновании рекомендации относительно допустимого уровня ее надежности для снижения риска электротравмирования. **Вывод.** Целесообразно рассмотреть логико-математическую схему формирования электротравмы как «дерева отказов» электрозащитных средств в системе электроснабжения потребителей с изолированной нейтралью питающего трансформатора; обосновать математическую модель электротравмы и установить связь вероятности безотказной работы системы защитного отключения напряжения; раскрыть значение надежности защитного отключения напряжения в снижении вероятности поражения и обосновать формулу для определения необходимого уровня надежности аппаратуры защитного отключения в зависимости от допустимого риска электротравмирования.

Ключевые слова: *риск; защитное отключение; изоляция; ток утечки; вероятность событий; надежность*

JUSTIFICATION OF THE ROLE AND RELIABILITY OF SYSTEMS OF PROTECTIVE DISCONNECTION OF VOLTAGE TO DETERMINE THE ACCEPTED RISK OF ELECTRIC INJURY

KOLOSUK V.P.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
CHEBENKO V.M.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KOLOSUK A.V.³, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
BREDUN Yu.M.⁴, *Assist.*

¹ Life Safety department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20, Pershotravneva Str., 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

² Manufacturing engineering department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20, Pershotravneva Str., 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

³ Department of Applied Ecology, Chemistry and Labor Protection, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 14, Heroyiv Nebesnoyi Sotni Str., 84333, Kramatorsk, Ukraine, e-mail: wwhale@rambler.ru

⁴ Life Safety department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20, Pershotravneva Str., 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: bgd@kdu.edu.ua

Annotation. Formulation of the problem. Protective blackout is used as a means of electrical safety in electrical installations. By disconnecting the voltage for a sufficiently short time, a person who accidentally comes under voltage is de-energized and, as experience shows, remains alive without receiving dangerous injuries [1]. Protective shutdown is carried out by current leakage protection equipment, which is regulated by the Coal Mine Safety Rules and the safety rules of other galleys that conduct underground work and use an electrical power supply system with isolated neutral. But the equipment may not operate as a result of failures of its structural elements, especially elements of the electrical circuit, i.e. insufficient reliability of the equipment. Practical experience suggests that all deaths from electric shocks that occur annually in mines arise with an inactive protective shutdown system, but in literature these issues and the role of reliability are not adequately addressed. **The purpose** of the article is to disclose the conditions for reducing the risk of electrical injuries by applying protective voltage isolation in the power supply system and to justify recommendations on the acceptable level of its reliability to reduce the risk of electrical injuries. **Conclusion.** It is advisable to consider the logical-mathematical diagram of the formation of electrical injury as a “tree” of failures of electrical protective equipment in the power supply system of consumers with an isolated neutral of the supply transformer. To substantiate the mathematical model of electric trauma and to establish a relationship between the probability of failure-free operation of the system of protective shutdown Reveal the value of the reliability of

protective shutdown of voltage in reducing the likelihood of damage and substantiate the formula for determining the necessary level of reliability of protective shutdown equipment, depending on the permissible risk of electrical injury.

Keywords: *risk; protective blackout; isolation; current leakage; probability; event; reliable*

Постановка проблеми. Безпека праці – один із важливих конституційних пріоритетів життєдіяльності людей. До небезпечних чинників як виробництв, так і побуту належить електрика, про що свідчать випадки ураження людей електрострумом, що відбуваються щорічно як в Україні, так і в інших країнах через порушення вимог електробезпеки під час експлуатації електроустановок. Тому удосконалення заходів та засобів електробезпеки стало актуальною сучасною проблемою. Завдання полягає в обґрунтуванні і практичній реалізації заходів та засобів попередження або зниження до допустимого рівня небезпеки уражень людей електрострумом під час експлуатації системи електропостачання споживачів та електрообладнання в особливо небезпечних умовах з ізольованою нейтраллю живильного трансформатора.

Аналіз публікацій. Теорія та практика електробезпеки достатньо повно розглянуті у літературних джерелах, наприклад [1–8; 12]. Електричні критерії безпеки розглянуті у ГОСТ12.1.038-82 та у Звіті міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) [6; 7], а вимоги до апаратури захисту від витоків струму викладені у ГОСТ 22929-78 [6]. У статтях [8–10] розглянуто питання ризику у зв'язку з проблемами охорони праці та використанням методології матричного ризик-орієнтованого підходу до виробничої безпеки. Але зв'язок указаних праць та електричних критеріїв з імовірністю ураження висвітлені недостатньо. Тому наше дослідження присвячене цим питанням, вважається актуальним і важливим.

Мета статті – обґрунтування на основі ймовірнісних моделей випадків ураження електрострумом та розкриття зв'язку ризику електротравми з параметрами надійності функціонування системи захисного вимкнення напруги як важливого засобу забезпечення електробезпеки.

Результати дослідження. Ідею захисного вимкнення розглянемо за публікаціями [1; 12]. Для реалізації ідеї захисного вимкнення у системі електропостачання передбачається загальний вимикач та апарат контролю ізоляції з джерелом постійного струму.

За нормального стану споживач (наприклад, електродвигун) живиться від трифазної мережі.

У разі пошкодження ізоляції (зниження опору фаз відносно землі) вимикач знеструмлює мережу, здійснюючи захисне вимкнення напруги.

Подію «ураження струмом» можна представити як збіг у часі та просторі небезпечних станів 1–10 (рис.):

1. Електроустановка перебуває під напругою з імовірністю Q_1 .

2. Людина несподівано торкається струмопровідної частини з імовірністю Q_2 .

3. У процесі експлуатації виникають однофазні замикання на корпус з ймовірністю Q_3 .

4. У процесі експлуатації виникають відмови функціонування заземлення з ймовірністю Q_4 .

5. Із часом опір ізоляції електричної мережі знижується до небезпечної величини з ймовірністю Q_5 .

6. Із часом опір тіла людини знижується до небезпечної величини з ймовірністю Q_6 .

7. У процесі роботи виникають доторкання людей до струмопровідних частин з ймовірністю Q_7 .

8. У процесі експлуатації виникають замикання на корпус двох різних фаз з ймовірністю Q_8 ;

9. У процесі роботи виникають відмови захисту від струмів короткого замикання з ймовірністю Q_9 .

10. У процесі експлуатації виникають відмови захисного знеструмлення з ймовірністю Q_{10} .

Умовне позначення Π показує логічну операцію «і – і», що підраховується за теоремою множення ймовірностей для

групи послідовних подій. Умовне позначення U показує логічну операцію «або – або», що підраховується за теоремою складання (додавання) ймовірностей для групи альтернативних (паралельних) подій.

Підкреслимо, що всі ймовірності являють собою функції часу, а виникнення небезпечних станів, як і подій ураження струмом, можна уявляти як потік подій, що слідує одна за одною і підпорядковуються закону Пуассона. Тому для визначення ймовірностей таких подій використовуємо формулу (1) [1]:

$$Q(\Delta t) \approx \lambda \Delta t, \quad (1)$$

де Δt – елементарна ділянка часу, на якій розглядається процес; λ – інтенсивність потоку подій, тобто середня кількість подій, що з'явилися на елементарній ділянці часу.

У разі відсутності захисного вимкнення всі небезпечні події та стани вважаються незалежними, тому їх імовірності не залежать одна від одної. Але за наявності захисного вимкнення деякі ймовірності мають інше значення, ніж за його відсутності. Так, якщо захисне вимкнення реагує на опір ізоляції мережі, то ймовірності замикань на корпус і низького опору ізоляції будуть менші аналогічних імовірностей у разі, коли захисне вимкнення не застосовується або не діє. Тому такі ймовірності у разі застосування захисного вимкнення відповідно позначимо: Q_3', Q_8', Q_5' та будемо вважати залежними від імовірності відмови Q_{10} . З урахуванням викладеного, модель події «ураження струмом» можна зобразити у вигляді «дерева відмов» (рис.) [11].

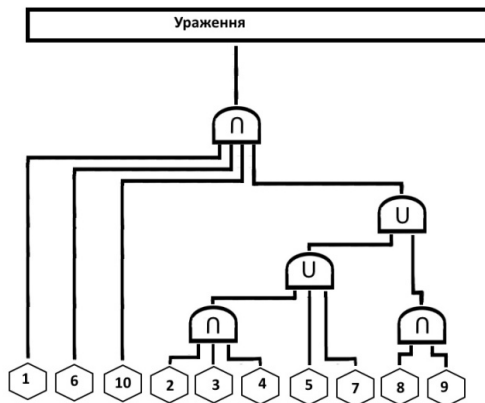


Рис. 1. Структурна модель формування уражень електрострумом

Для побудови математичних моделей ураження електрострумом врахуємо, що загальна ймовірність групи подій, послідовно наступних у схемі одна за іншою (логічна операція «і» – умовне позначення \cap) і підраховується за теоремою множення ймовірностей, а загальна ймовірність групи подій, паралельних у схемі дерева (логічна операція «або» – умовне позначення U) – за теоремою складання (додавання) ймовірностей.

У відповідності з викладеним, виконавши математичні перетворення, отримаємо математичну ймовірнісну модель ураження електрострумом для електроустановки без захисного вимкнення:

$$Q_{\Pi} = Q_1 Q_2 \{1 - (1 - Q_5 Q_7) \{1 - Q_2 Q_3 [1 - (1 - Q_4 Q_5) (1 - Q_8 Q_9)]\}\}. \quad (2)$$

$$Q_3' = Q_3 Q_{10}; Q_5' = Q_5 Q_{10}; Q_8' = Q_8 Q_{10}. \quad (3)$$

Тоді ймовірнісна математична модель ураження електрострумом буде:

$$Q_{\Pi}' = Q_1 Q_2 Q_{10} \{1 - (1 - Q_5 Q_7 Q_{10} \{1 - Q_2 Q_3 Q_{10}' [1 - (1 - Q_5 Q_4 Q_{10}) (1 - Q_8 Q_9 Q_{10})]\}\}\}. \quad (4)$$

Як відомо, захисне заземлення попереджає ураження струмом у разі дотику людини до корпусу електрообладнання, якщо на ньому з'явилась напруга у результаті пошкодження ізоляції; захисна дія ізоляції струмопровідних частин попереджає виникнення струму витoku у випадку її пошкодження і тому попереджає ураження струмом при дотику як до струмопровідної частини, так і до корпусу, а система захисного вимкнення вимикає напругу в разі пошкодження ізоляції і дотику людини до струмопровідної частини.

Перехід від імовірностей відмов до ймовірностей безвідмовної роботи здійснюється за виразами:

$$Q_{10} = 1 - P_{10}; Q_4 = 1 - P_4; Q_5 = 1 - P_5; Q_9 = 1 - P_9, \quad (5)$$

де P_{10}, P_4, P_5, P_9 – ймовірності безвідмовної роботи відповідно захисного вимкнення, заземлення, ізоляції, захисту від струмів короткого замикання.

Доцільно також використати статистичні дані про параметри небезпечних станів систем електропостачання вугільної дільниці, отримані свого часу на шахтах

шляхом безперервних спостережень протягом 7,5 місяця (табл. 1) [5].

За отриманими даними захисне вимкнення забезпечує зниження ймовірності ураження струмом з $0,416 \cdot 10^{-2}$ до $9,6 \cdot 10^{-4}$, а з

урахуванням інших засобів захисту – з $6,37 \cdot 10^{-2}$ до $1,6 \cdot 10^{-4}$ (табл. 2), тобто приблизно у 400 разів.

Таблиця 1

Статистичні дані небезпечних станів системи електропостачання

Номер	Найменування стану	Середній час між виникненням небезпечного стану, год	Середній час існування небезпечного стану, год	Ймовірність небезпечного стану
1	Доторкання людини до корпусу обладнання	0,28	0,364	0,338
2	Однофазне замикання на землю або корпус	2 692,75	40,170	0,166
3	Відмова заземлення	2 980,00	446,000	0,020
4	Пошкодження ізоляції	1 555,63	142,440	0,166
5	Доторкання людини до струмопровідних частин	1 621,00	0,873	0,380
6	Однофазні парні замикання на землю	–	–	0
7	Відмова захисту від струмів коротких замикань	2 352,00	150,00	0,060
8	Відмова захисного вимкнення	244,00	1,250	0,050

Таблиця 2

Зниження ймовірності ураження струмом у разі застосування засобів захисту

Засоби захисту від уражень електрострумом	Ймовірність ураження струмом, Q_{Π}	Кратність зниження ймовірності ураження $n = Q_{\Pi} / Q_{\Pi}'$
Захисне вимкання без захисної дії заземлення, ізоляції і захисту від струмів коротких замикань;	$9,6 \cdot 10^{-4}$	430
Захисне вимкання з урахуванням заземлення, ізоляції і захисту від струмів коротких замикань;	$1,58 \cdot 10^{-4}$	403
<i>Електрична ізоляція мережі електропостачання:</i>		
– без урахування захисного вимкнення, заземлення і захисту від струмів коротких замикань;	$3 \cdot 10^{-2}$	13,8
– без урахування захисного вимкнення, але з урахуванням заземлення і захисту від коротких замикань.	$1,95 \cdot 10^{-2}$	19,5
<i>Захисне заземлення:</i>		
– без урахування захисного вимкнення, ізоляції і захисту від струмів коротких замикань;	$3,8 \cdot 10^{-1}$	1,1
– з урахуванням ізоляції і захисту від струмів коротких замикань, але без урахування захисного вимкнення.	$6,39 \cdot 10^{-1}$	1,13
<i>Захист від струмів коротких замикань:</i>		
– без врахування захисного вимкнення, заземлення та ізоляції;	$4,15 \cdot 10^{-1}$	1,0
– з урахуванням заземлення та ізоляції, але без урахування захисного вимкнення.	$6,37 \cdot 10^{-2}$	1,13

Результати більш детального вивчення за однакової ймовірності їх безвідмовної роботи, рівної ймовірності безвідмовної роботи захисного вимкнення $P_{10} = 0,95$, наведені у таблиці 3.

Аналіз залежностей $Q_{\Pi}' = f(Q_{10})$ або $Q_{\Pi}' = f(1 - P_{10})^2$ свідчить, що вони з

достатньою для практики точністю можуть бути представлені формулами:

$$Q_{\Pi}' = Q_{\Pi} Q_{10}^2 \text{ або } Q_{\Pi}' = Q_{\Pi} (1 - P_{10})^2. \quad (6)$$

У відповідності з формулою (6) можна визначити кратність зниження ймовірності ураження електрострумом за наявності

захисного вимкнення у системі електропостачання споживачів:

$$n = Q_{П} / Q_{П'} = 1 / (1 - P_{10})^2. \quad (7)$$

Чим більша надійність захисного вимкнення, тим у більше разів зменшується ймовірність ураження струмом, тобто зменшується ризик електроураження людей (табл. 3).

Таблиця 3

Зменшення ризику ураження струмом залежно від надійності захисного вимкнення

Кратність зниження ймовірності ураження електрострумом	Ймовірність безвідмовної роботи захисного вимкнення						
	0	0,5	0,834	0,9	0,95	0,98	0,99
За рахунок захисного вимкнення без урахування заземлення, ізоляції і захисту від струмів коротких замикань	1	4,025	36,6	101	403,2	2572,7	10 011
За рахунок захисного вимкнення з урахуванням заземлення, ізоляції і захисту від струмів коротких замикань	1	4,1	38,8	107,8	433,5	2712,4	10892

Для практичного використання кратність зниження ризику можна визначати за спрощеною формулою (8), виходячи тільки з фактичної ймовірності безвідмовної роботи системи захисного вимкнення:

$$P_{10} = 1 - \sqrt{Q'_{П.Т} / Q_{П.Т}}, \quad (8)$$

де $Q'_{П.Т}$ і $Q_{П.Т}$ – ймовірності ураження струмом у разі дотику до струмопровідних частин відповідно за застосування захисного вимкнення та його відсутності або відмови.

Практична реалізація заходів безпеки має зводитись до забезпечення зниження ймовірності ураження струмом не вище нормованої або припустимої величини Q_H , що встановлюється стандартами або іншими нормативами з безпеки праці. Тому приймемо $Q'_{п.т} = Q_H$ та маємо:

$$P_{10} = 1 - \sqrt{Q_H / Q_{П.Т}}. \quad (9)$$

Якщо дотик до струмопровідної частини, що перебувають під напругою, розглядати не як нормальний, а як аварійний режим обслуговування, то для такого режиму можна припустити $Q_H = 10^{-3}$ [5]. Це відповідає тому, що людина у разі її дотику до струмопровідної частини не буде уражена струмом з ймовірністю $P_{Н.Т} = 1 - 10^{-3} = 0,999$. За таких умов ймовірність безвідмовної роботи захисного вимкнення має бути:

$$P_{10} = 1 - \sqrt{Q_{Н.Т} / Q_5}. \quad (10)$$

Це дозволяє за допустимого рівня ризику електроураження визначати

необхідний рівень надійності апаратури захисного вимкнення за показником ймовірності відмови ізоляції системи електропостачання Q_5 . Необхідно врахувати, що, оскільки рівень ізоляції автоматично контролюється самою апаратурою захисного вимкнення і в разі пошкодження ізоляції напруга з мережі вимикається, то небезпечне існування відмови ізоляції може бути тільки у разі відмови захисного вимкнення. Тому є можливість під час розрахунків припустити, що ймовірність відмови ізоляції буде не вища ймовірності відмови апаратури захисного вимкнення: $Q_5 \leq Q_{10}$.

У разі фактичної ймовірності $Q_5 = 0,166$ (табл. 1) маємо $P_{10} = 0,922$.

Таким чином, для гарантування електробезпеки у разі дотику людини до струмопровідної частини, що перебуває під напругою, ймовірність безвідмовної роботи захисного вимкнення має становити не менше 0,922.

На відміну від доторкання до струмопровідної частини, доторкання до корпусу, що потрапив під напругу, слід вважати нормальним режимом, тому що під час виконання технологічних операцій людина має керувати машинами та обладнанням і тому може торкатись корпусних металевих частин. Для нормального режиму роботи ймовірність ураження струмом, яке може відбутись у разі замикання фази на корпус, має бути нижча, ніж для розглянутого аварійного режиму. За аналогією з ГОСТ 12.1.010–76

для цих умов доцільно прийняти припустиму ймовірність $Q_H = 10^{-6}$ [5].

Це означає, що для гарантування електробезпеки у разі дотику до корпусу, на якому з'явилась напруга, ймовірність безвідмовної роботи апаратури захисного вимкнення залежить від імовірності безвідмовної роботи захисного заземлення. За наявними статистичними даними (табл. 1) для заземлення маємо: $Q_4 = 0,02$ і $P_4 = 0,98$. Тому необхідна ймовірність захисного вимкнення має бути: $P_{10} = 0,95$. За такої надійності забезпечується електробезпека як у разі дотику до корпусу, що опинився під напругою, так і до струмопровідної частини електроустановки, яка нормально перебуває під напругою.

За відомої ймовірності безвідмовної роботи можна визначити такі показники надійності як інтенсивність потоку подій (λ) та напрацювання на подію (T), якщо відомий закон розподілу відмов. За стаціонарного пуассонівського потоку ймовірність небезпечної події (відмови) Q визначається за формулою (1), ймовірність безвідмовної роботи P як зворотна величина ймовірності небезпечної події (відмови) – за виразом $P = 1 - Q$; інтенсивність подій $\lambda = 1 / T$, 1/ год, де T – напрацювання на відмову – середній термін у годинах між двома сусідніми подіями у потоці подій ($T = 1 / \lambda$, год).

Висновки.

Доведено, що захисне вимкнення, контролюючи опір ізоляції електромережі відносно землі, попереджає перебування під напругою мережі з пошкодженою ізоляцією, однофазними та двофазними замиканнями на землю, а також протікання струму через тіло людини і небезпечних струмів витоку з мережі шляхом вчасного вимкнення напруги системою.

Показано, що за ймовірності безвідмовної роботи захисного вимкнення не менше 0,95 попереджається ураження струмом як у разі дотику людини до корпусу, що опинився під напругою, так і в разі випадкового дотику до струмопровідної частини електрообладнання.

На основі отриманих результатів рекомендується розробникам та виробникам апаратури захисного вимкнення конструктивно забезпечувати її ймовірність безвідмовної роботи не нижче 0,95 та зазначати про це у технічній і експлуатаційній документації виробів, а замовникам – у договорах на поставку вимагати від виробників декларування забезпечення такої надійності та реалізації її в обладнанні яке постачається.

Як метод підвищення ймовірності безвідмовної роботи пропонується планування і здійснення в ремонтну зміну періодичної перевірки і відновлення справності апаратури захисту від витоків струму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Колосюк В. П. Защитное отключение рудничных электроустановок. Москва : Недра, 1980. 334 с.
2. Синчук О. Н., Ликаренко А. Г., Петриченко А. А., Шкрабец Ф. П. Аппаратурное решение проблем электробезопасности при эксплуатации участковых распределительных сетей железорудных шахт. *Горный журнал*. № 5 (2214). Москва, 2015. С. 77–83.
3. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках : учеб . пособ., 2-е изд. перераб. и доп. Москва : Энергоатомиздат, 1984. 448 с.
4. Колосюк В. П. Техника безопасности при эксплуатации рудничных электроустановок. Москва : Недра, 1987. 407 с.
5. Ткачук С. П., Колосюк В. П., Ихно С. А. Взрывопожаробезопасность горного оборудования : монография. Киев: «Основа», 2000. 695 с.
6. ГОСТ 22929. Аппараты защиты от токов утечки, рудничные, для сетей напряжением до 1200 В. Общие технические условия. Москва : Госстандарт СССР, 1979. 17 с.
7. Технический отчет IЕС 479 – 1. Действие тока на людей и домашний скот. Часть 1: Общие аспекты. IЕС479-1. 1994. С. 09.
8. Булат А. Ф., Бунько Т. В., Кокаулин И. Е., Круковский А. П., Яценко И. А., Софийский К. К., Шейко А. В. Риск-ориентированный подход в охране труда и производственной безопасности в угольных шахтах : концепция, нормативная база, оценка и управление рисками. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Днепро, 2018. 322 с. С. 313–321.

9. Парашенко И. И., Журавель В. С., Андриянов Ю. И., Корявка В. В. Определение величины риска на здоровье населения от шумовой нагрузки в центральной части г. Полтавы. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Днепро, 2018. С. 100–104.
10. Третьяков О. В., Шестеренко С. В., Доронин Е. В., Головенко Н. Н. Риск-ориентированный подход определения условий труда на рабочих местах. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Днепро, 2018. С. 131–138.
11. Колосюк В. П., Лисенко В. В. Зниження ризику електротравмування у системах електропостачання з ізольованою нейтраллю. *Науково-виробничий журнал*. Кременчук : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2019. Вип. 2 (24). С. 87–98.
12. Патент на корисну модель № 34432. Пристрій для захисного вимкнення живлення передвижної машини. Бюл. № 15, 11.08.2008. С. 1–4.

REFERENCES

1. Kolosyuk V. *Zashitnoe otklyuchenie rudnichnykh elektroustanovok* [Protective shutdown of mine electrical installations]. Moscow : Nedra Publ., 2018, 344 p. (in Russian)
2. Sinchuk O.N., Likarenko A.G., Petrichenko A.A. and Shkrabec F.P. *Apparaturnoye resheniye problem elektrobezopasnosti pri ekspluatatsii uchastkovykh raspredelitel'nykh setey zhelezorudnykh shakht* [Hardware solution of electrical safety problems during the operation of local distribution networks of iron ore mines]. *Gornyy zhurnal* [Mining Journal]. Vol. 5 (2214), 2015, pp. 77–83. (in Russian)
3. Dolin P.A. *Osnovy tekhniki bezopasnosti v elektroustanovkakh* [Safety Basics in Electrical Installations]. Moscow : Energoatomizdat Publ., 1984. (in Russian)
4. Kolosyuk V. *Tekhnika bezopasnosti pri ekspluatatsii rudnichnykh elektroustanovok* [Safety during the operation of mine electrical installations]. Moscow : Nedra Publ., 1987, 407 p. (in Russian)
5. Tkachuk S., Kolosyuk V. and Ykhno S. (2000) *Vzryivopozharbezopasnost gornogo oborudovaniya* [Fire and explosion safety equipment]. Kyiv, 2000, 695 p. (in Russian)
6. *GOST 22929. Apparaty zashchity ot tokov utechki rudnichne dlya setey napryazhenim do 1200 V. Obshchiye Tenicheskiye usloviya* [Mine protection devices for leakage currents for networks up to 1 200 V. General specifications. GOST 22929; 78 (1979)]. Moscow : Gosstandart of the USSR, 1979, 17 p. (in Russian).
7. *Tekhnicheskyy otchet IEC 479-1. Deystviye toka na lyudey i domashniy skot. Chast' 1: Obshchiye aspekty. IEC479-1. Tret'ye izdaniye* [Technical report IEC 479-1. Current effects on people and livestock. Part 1: General Aspects. Third edition]. 1994, p. 09. (in Russian)
8. Bulat A.F., Bun'ko T.V., Kokaulin I.E., Krukovskiy A.P., Jashhenko I.A., Sofijskij K.K. and Shejko A.V. *Risk-oriyentirovanny podkhod v okhrane truda i proizvodstvennoy bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh: kontsepsiya, normativnaya baza, otsenka i upravleniya riskami* [Risk is an oriented approach to labor protection and industrial safety in coal mines: conceptual, regulatory framework, assessment and risk management]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Dnipro, 2018, pp. 313–321. (in Russian)
9. Parashhenko I.I., Zhuravel' V.S., Andriyanov Ju.I. and Korjavka V.V. *Opredelenie velichiny riska na zdorov'e naseleniya ot shumovoy nagruzki v central'noj chasti g. Poltavy* [Determination of the risk to public health from noise load in the central part of Poltava]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Dnipro, 2018, pp. 100–104. (in Russian)
10. Tret'kov O.V., Shesterenko S.V., Doronin E.V. and Golovenko N.N. (2018), *Risk-oriyentirovanny podkhod opredeleniya usloviy truda na rabochikh mestakh* [Risk is an oriented approach to determining working conditions in the workplace]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Dnipro, 2018, pp. 131–138. (in Russian)
11. Kolosyuk V.P. and Lysenko V.V. *Znyzhennya ryzyku elektrotravmuvaniya u systemakh elektropostachannya z izol'ovanoyu neytrallyu* [Reducing the risk of electric shock in power supply systems with isolated neutral]. *Naukovo-vyrobnychyy zhurnal*. [Scientific and production journal]. Kremenchuk : Kremenchug National University named after Mykhailo Ostrogradsky, 2019, iss. 2 (24), pp. 87–98. (in Ukrainian)
12. *Patent na korysnu model' №34432. Prystriy dlya zakhysnoho vymknennya zhyvlennya peredvyzhnoyi mashyny* [Patent for utility model no. 34432. Device for protective power off of a mobile machine]. Bull. no. 5, 11.08. 2008, pp. 1–4. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції 11.10.2020.

УДК 697.11

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.119.706

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТА ВЛАШТУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО КОНТУРУ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

КУЗЬМЕНКО О. М.¹ канд. техн. наук, доц.,
ДІКАРЕВ К. Б.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
ШЕХОРКІНА С. Є.³, канд. техн. наук, доц.,
ЯБЛОНСЬКА М. П.⁴ студ.

¹ Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: kuzmenko.oleksandra@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5976-5436

^{2*} Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: kdikarev@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9107-3667

³ Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 021-84-44, e-mail: S_VT@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7799-2250

⁴ Будівельний факультет, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 938-78-21, e-mail: margaritayablonskaya21@gmail.com

Анотація. *Постановка проблеми.* Використання поновлюваних джерел енергії світова спільнота розглядає як один із найбільш перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення. Наявність невичерпної ресурсної бази та екологічна чистота поновлюваних джерел енергії – визначальні їх переваги. Зважаючи на значний потенціал поновлюваних джерел енергії в Україні, який багаторазово перевищує прогнозовані рівні споживання теплової енергії, то виведення альтернативних джерел енергії на економічно ефективний рівень та розширення сфер використання постають найактуальнішим питанням сьогодення. *Мета роботи* – поглиблене вивчення альтернативних джерел енергії та методів ефективного використання енергоресурсів із подальшим вибором раціональної технології влаштування системи теплозабезпечення житлового будинку на основі геотермальних джерел енергії. *Аналіз останніх досліджень.* За даними Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), в Україні серед країн Європи найвищий рівень витрат на оплату комунальних послуг відносно рівня доходів. Витрати українців на оплату послуг ЖКГ наближені до 40 %, що в 1,6 раза вище середньоєвропейського показника. Для забезпечення низького рівня енергоспоживання в енергоефективних будинках нового покоління європейські країни використовують технології, які застосовують геотермальну енергію за рахунок ґрунтових теплообмінників. Однак, вказана технологія не знайшла широкого розповсюдження в Україні чи закріплення на законодавчому рівні. Отже, актуальним залишається питання розвитку технологій на основі геотермальних джерел енергії, а саме недостатньо вивчені техніко-економічні показники влаштування різних варіантів ґрунтових теплообмінників. **Висновок.** Розглянуті способи влаштування зовнішніх контурів теплового насоса показали, що трудомісткість влаштування теплообмінників в горизонтальному контурі майже в чотири рази нижча, ніж за влаштування енергоефективних буронабивних паль. Вартість також нижча майже вчетверо. Незважаючи на це, забудовник не завжди обере горизонтальний теплообмінник, тому що для його влаштування необхідно передбачити значну територію, яку не можна віддавати під забудову чи тимчасові торгівельні споруди. У випадку стиснених умов забудови прийнятним буде варіант саме енергоефективних паль із контуром теплообмінника.

Ключові слова: тепловий насос; альтернативні джерела енергії; технологічне рішення; енергоефективні палі; контур теплового насоса; теплообмінник; техніко-економічні показники

ВИБОР РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТА УСТРОЙСТВА ВНЕШНЕГО КОНТУРА ТЕПЛООВОГО НАСОСА

КУЗЬМЕНКО А. Н.¹, канд. техн. наук, доц.,
ДИКАРЕВ К. Б.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
ШЕХОРКІНА С. Є.³, канд. техн. наук, доц.,
ЯБЛОНСКАЯ М. П.⁴, студ.

¹ Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: kuzmenko.oleksandra@pgasa.dp.ua ORCID ID: 0000-0001-5976-5436

^{2*} Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: kdikarev@ukr.net ORCID ID: 0000-0001-9107-3667

³ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (095) 021-84-44, e-mail: S_VT@ukr.net ORCID ID: 0000-0002-7799-2250

⁴ Строительный факультет, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (066) 938-78-21, e-mail: margaritayablonskaya21@gmail.com

Аннотация. Постановка проблемы. Использование возобновляемых источников энергии мировое сообщество рассматривает как один из наиболее перспективных путей решения растущих проблем энергообеспечения. Наличие неисчерпаемой ресурсной базы и экологическая чистота возобновляемых источников энергии являются определяющими их преимуществами. Учитывая значительный потенциал возобновляемых источников энергии в Украине, который многократно превышает прогнозируемые уровни потребления тепловой энергии, вывод альтернативных источников энергии до экономически эффективного уровня и расширение сфер использования являются актуальным вопросом современности. **Цель статьи** – углубленное изучение альтернативных источников энергии и методов эффективного использования энергоресурсов с последующим выбором рациональной технологии устройства системы теплоснабжения жилого дома на основе геотермальных источников энергии. **Анализ последних исследований.** По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в Украине среди стран Европы самый высокий уровень расходов на оплату коммунальных услуг по отношению к уровню доходов. Расходы украинцев на оплату услуг ЖКХ приближены к 40 %, что в 1,6 раза выше среднеевропейского показателя. Для обеспечения низкого уровня энергопотребления в энергоэффективных домах нового поколения европейские страны применяют технологии, которые используют геотермальную энергию за счет грунтовых теплообменников. Однако такие технологии не нашли широкого распространения в Украине или закрепления на законодательном уровне. Итак, актуальным является вопрос развития технологий на основе геотермальных источников энергии, а именно, недостаточно изучены технико-экономические показатели устройства различных вариантов грунтовых теплообменников. **Вывод.** Рассмотренные способы устройства наружных контуров теплового насоса показали, что трудоемкость устройства теплообменников в горизонтальном контуре почти в четыре раза ниже, чем при энергоэффективных буронабивных сваях. Стоимость также ниже почти в четыре раза. Несмотря на это, застройщик не всегда выберет горизонтальный теплообменник, так как для его устройства необходимо предусмотреть значительную территорию, которую нельзя отдавать под застройку или временные торговые сооружения. В случае стесненных условий застройки приемлемым будет вариант именно энергоэффективных свай с контуром теплообменника.

Ключевые слова: тепловой насос; альтернативные источники энергии; технологическое решение; энергоэффективные сваи; контур теплового насоса; теплообменник; технико-экономические показатели

RATIONAL INSTALLATION CHOICE OF HEAT PUMP OUTER DUCT

KUZMENKO A.M.,¹ *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
DIKAREV K.B.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
SHEKHORKINA S.Yev.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
YABLONSKA M.P.⁴, *Student*

¹ Department of Construction Technology, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: kuzmenko.oleksandra@pgasa.dp.ua ORCID ID: 0000-0001-5976-5436

^{2*} Department of Construction Technology, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-76, e-mail: kdikarev@ukr.net ORCID ID: 0000-0001-9107-3667

³ Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 021-84-44, e-mail: S_VT@ukr.net ORCID ID: 0000-0002-4377-3746

⁴ Construction Faculty, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (066) 938-78-21, e-mail: margaritayablonskaya21@gmail.com

Abstract. Problem statement. The use of renewable energy sources by the world community is considered as one of the most promising ways to solve the growing problems of energy supply. The presence of an inexhaustible resource

base and the environmental friendliness of renewable energy sources are their defining advantages. Given the significant potential of renewable energy sources in Ukraine, which is many times higher than the predicted levels of heat energy consumption, the withdrawal of alternative energy sources to a cost-effective level and the expansion of areas of use is an urgent issue of our time. **Purpose of the article.** is an in-depth study of alternative energy sources and methods for the efficient use of energy resources, followed by the selection of rational technology for constructing a heat supply system for a residential building based on geothermal energy sources. **Analysis of recent research.** According to the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Ukraine has the highest level of utility costs in relation to income levels among European countries. The cost of Ukrainians to pay for housing is close to 40%, which is 1.6 times higher than the European average. To ensure a low level of energy consumption in energy efficient homes of the new generation, European countries use technologies that use geothermal energy through ground heat exchangers. However, this technology has not become widespread in Ukraine or enshrined in law. Therefore, the issue of introduction of technologies of ground heat exchangers at the expense of renewable energy sources is actual. **Conclusion.** The methods for arranging the external contours of the heat pump are considered and showed that the laboriousness of the device of heat exchangers in the horizontal circuit is almost 4 times lower than during drilling operations. The cost is also almost 4 times lower. Despite this, the developer will not always choose a horizontal heat exchanger, since for its construction it is necessary to provide a significant territory that cannot be given away for development or temporary, commercial buildings. In the case of tight construction conditions, an energy-efficient pile with a heat exchanger circuit will be acceptable.

Keywords: *heat pump; alternative energy sources; technological solution; energy-efficient piles; heat pump circuit; heat exchanger; technical and economic indicators*

Постановка проблеми. Напрямок використання альтернативних джерел енергії стає пріоритетним в усьому світі. В умовах різкого зростання цін на імпортовану енергоносію впровадження енергоефективних технологій – це питання економічної доцільності. За даними Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), в Україні серед країн Європи найвищий рівень витрат на оплату комунальних послуг відносно рівня доходів. Витрати українців на оплату житлово-комунальних послуг наближені до 40 %, що в 1,6 раза вище середньоєвропейського показника. Гостро стоїть питання заміщення природного газу в житлово-комунальному господарстві, де обсяг його споживання підприємствами тепlopостачання склав близько 8,6 млрд м³ у 2014 р. та понад 6,9 млрд м³ у 2015 р. [1].

У свою чергу, модернізація енергоємних галузей тісно пов'язана з енергозберігальними технологіями. Важливу роль у цьому процесі може відіграти застосування геотермальної енергії, оскільки Україна володіє потенціалом вказаних ресурсів в еквіваленті $3,4 \cdot 10^{11}$ тонн умовного палива.

Будівельна галузь України залишається однією з найбільш енергоємних галузей економіки. Для розширення застосування альтернативних джерел енергії до економічно обґрунтованого рівня в

будівельному секторі України існує необхідність проведення ґрунтовних досліджень експлуатаційних та техніко-економічних показників функціонування технологічних рішень на основі поновлюваних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень. У попередній публікації автори проаналізували лабораторні дослідження пасивного теплозабезпечення (охолодження) для проектування будівель нового покоління. [2]. Крім того, запатентовані рішення для пасивного теплозабезпечення [3]. У цій публікації вирішено розглянути питання вибору раціонального варіанта пасивного геотермального теплозабезпечення.

На початку вивчення питання геотермальних джерел енергії були розглянуті дослідження вчених у цій галузі, які виявили, що ґрунт із глибиною характеризується незначними коливаннями температури.

Цей рівень температур може бути ефективно використаний за допомогою теплового насоса, для обігрівання або охолодження.

Тепловий насос (ТН) – це технічний пристрій, що реалізує процес переносу низькотемпературного тепла, не придатного для прямого використання, на більш високотемпературний рівень. Теплові насоси є кількох типів: «повітря – вода», де

первинним джерелом виступає повітря, та «грунт – вода», де первинним джерелом виступає кількість тепла, що міститься в ґрунті [4].

Система опалення за допомогою теплових насосів складається з трьох окремих установок:

1. Установки вхідного контуру теплового насоса.
2. Теплового насоса.
3. Установки, яка розподіляє теплоносій в системах теплопостачання.

Залежно від геологічних, економічних та технологічних факторів, розташування ґрунтового теплообмінника у масиві ґрунту може бути горизонтальним або вертикальним.

Вибір способу укладання колектора визначається теплопровідністю ґрунту і геометрією ділянки. Ефективними також вважаються комбінації контурів теплових насосів та блоків будівлі (наприклад, енергоефективні палі).

Коефіцієнт ефективності цієї технології (COP) – від 4 до 5, а термін окупності досліджувався авторами в попередніх публікаціях і становить 5...15 років залежно від обсягу опалюваних приміщень [5].

Мета статті – поглиблене вивчення альтернативних джерел енергії та методів ефективного використання енергоресурсів із подальшим вибором раціональної технології влаштування системи теплозабезпечення житлового будинку на основі геотермальних джерел енергії.

Для наступних досліджень ТЕП вирішено розглядати два оптимальні технологічні рішення влаштування зовнішнього контуру теплового насоса. **Перший варіант** – контур теплового насоса міститься в енергоефективних буронабивних палях. **Другий варіант** – контур теплового насоса розміщено у вигляді горизонтального теплообмінника.

Буронабивні енергоефективні палі з монолітного бетону – це палі, для виконання яких використовується арматурний каркас зі змонтованими на ньому трубами теплообмінників, який занурюється в підготовлену свердловину.

Труби теплообмінників зазвичай кріпляться у внутрішній частині арматурного каркаса, що дозволяє уникнути пошкодження труб під час занурення каркаса у свердловину. Для цього труби кріпляться за допомогою кабельних стягувальних хомутів.

Переваги: значно більша потужність системи опалення. **Недоліки:** необхідність проведення бурових робіт, які вимагають значних грошових витрат.

Горизонтальний теплообмінник найбільш простий і не вимагає значних грошових витрат. Недолік – невелика займана площа, на якій згодом не повинно бути будівель і дерев. Розкладка такого теплообмінника здійснюється на глибині нижче рівня промерзання ґрунту, зазвичай від 1 до 3 м, залежно від географічної місцевості і типу ґрунту. **Переваги:** універсальність і простота монтажу. **Недоліки:** велика займана площа, на якій згодом не повинно бути будівель і дерев.

Результати досліджень

Об'єкт дослідження – житлова будівля секційного типу, що налічує дев'ять поверхів, розташована в м. Дніпро по вул. Ливарній.

Виконано теплотехнічний розрахунок, який полягає у знаходженні необхідної товщини прошарку огорожувальної конструкції. Для виконання теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій застосовано методику, викладену в ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [6].

Розраховано проектне теплове навантаження опалення будівлі за допомогою розробленої програми на основі MS Excel, яка реалізує методику для визначення тепловитрат та теплової потужності системи опалення приміщень [7–10]. Розрахунки проводилися на основі методичних вказівок «Визначення теплової потужності системи опалення» [7].

Відповідно до ДСТУ Б EN 12831:2008 [9], проектне теплове навантаження системи опалення приміщення визначають за формулою теплового балансу приміщення:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} + \Phi_{Q,i}, \quad (1)$$

де $\Phi T, i$ – трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції приміщення, Вт; $\Phi V, i$ – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення, Вт; $\Phi RH, i$ – додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення, яка враховує ефект тимчасовості обігріву приміщення, Вт; $\Phi Q, i$ – інші можливі регулярні тепловтрати (із знаком «+») або теплонадходження (із знаком «-») до опалюваного приміщення, Вт.

Провівши розрахунок, отримали три результати теплової потужності системи опалення для кожної секції будівлі. За отриманими даними, проаналізувавши ринок, обрали обладнання марки IDM SW Twin на максимальну пікову потужність опалення. Для першої та третьої секцій обрано ґрунтовий тепловий насос типу «ґрунт – вода» потужністю 35,25 кВт, для другої секції будинку обрано такого ж типу тепловий насос потужністю 26,08 кВт.

Розрахунок горизонтального теплообмінника виходить із необхідної потужності обладнання:

1) Вихідна потужність контурів горизонтального ґрунтового теплообмінника:

$$P_e = P_n \cdot (1 - 1/COP), \text{ кВт}, \quad (2)$$

де P_n – номінальна потужність теплового насосу, COP – коефіцієнт перетворення. Розрахунок застосовують згідно зі стандартом EN 14511 (зазвичай приймають точку $B0/W35$, де 0°C – температура теплоносія на вході у випарювач, 35°C – температура подачі в систему опалення).

$$P_{e1} = 35,25 \cdot (1 - 1/5) = 28,2 \text{ кВт},$$

$$P_{e2} = 35,25 \cdot (1 - 1/5) = 28,2 \text{ кВт},$$

$$P_{e3} = 26,02 \cdot (1 - 1/4,86) = 20,66 \text{ кВт}.$$

2) Необхідна довжина горизонтального ґрунтового теплообмінника:

$$L = P_e/q, \text{ м}, \quad (3)$$

де q — приймаєм 40 Вт/м (середнє значення для горизонтальних колекторів).

$$L_{1,3} = 56,4/0,04 = 1410 \text{ м},$$

$$L_2 = 20,66/0,04 = 516,5 \text{ м}.$$

Загальна довжина труб колектора – 1 926,5 м.

3) Необхідна площа під горизонтальний колектор:

$$S_{г.к} = L/k_{\text{контур}}, \quad (4)$$

$$S_{1,3} = 1410/0,7 = 1410 \text{ м}^2,$$

$$S_2 = 516,5/0,7 = 361,55 \text{ м}^2,$$

де 0,7 — крок укладання труб. Загальна площа під горизонтальний колектор – 925,55 м².

Дослідження техніко-економічних показників влаштування енергоефективних паль з контуром теплового насосу.

Зроблено технологічну карту на влаштування енергоефективних буронабивних паль із контуром теплового насоса. До складу робіт, що розглядаються техкартою, входять:

1. Планування майданчика.
2. Розробка котловану.
3. Улаштування залізобетонних буронабивних паль.
4. Виготовлення арматурних каркасів на будівельному майданчику.
5. Прокладання трубопроводів із поліетиленових труб.
6. Установлення фасонних частин теплообмінника.
7. Улаштування опалубки / бетонування ростверків.
8. Засипання котловану.
9. Ущільнення ґрунту електричними трамбівками.

ТРУДОМІСТКІСТЬ з теплообмінником збільшиться на 27 % = 1,4 раза

КОШТОРИСНА ВАРТІСТЬ з теплообмінником збільшиться на 10 % = 1,1 раза

ТРИВАЛІСТЬ РОБІТ з теплообмінником збільшиться на 21 % = 1,3 раза

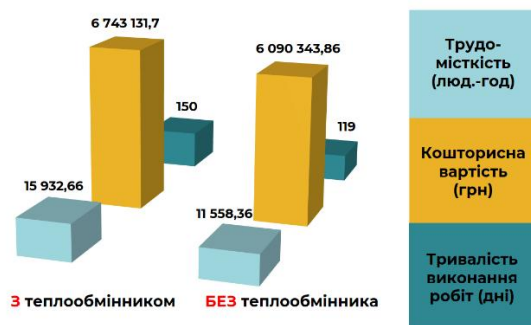


Рис. 1. Порівняння техніко-економічних показників влаштування буронабивних паль із контуром теплового насоса та без нього

У результаті розрахунку техніко-економічних показників виконання будівельних робіт виявилось, що кошторисна вартість улаштування пальового фундаменту (земляні та бурові роботи) з теплообмінником буде більша лише на 10 %, ніж кошторисна вартість пальового фундаменту без теплообмінника, а тривалість виконання робіт зростає на 21 %. Трудомісткість збільшиться на 27 % (рис. 1).

Розрахунок трудомісткості та заробітної платні здійснювався в програмі АВК-5. Графік виконання робіт побудовано в MS Project. Показники тривалості зображено на рисунку 2.

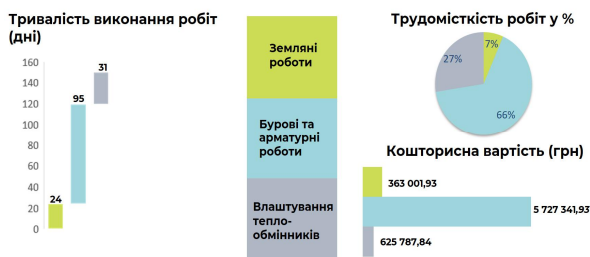


Рис. 2. Техніко-економічні показники влаштування буронабивних паль із контуром теплового насоса

Також виявилось, що найбільша кошторисна вартість, трудомісткість та тривалість робіт у процесі влаштування енергетичних паль припадає на бурові роботи.

Дослідження техніко-економічних показників улаштування горизонтального контуру теплового насоса.

Розроблено технологічну карту на здійснення робіт з улаштування горизонтального теплообмінника. До складу робіт, що розглядаються техкартою, входять такі:

1. Планування майданчика.
2. Розробка котловану.
3. Розмітка площі під укладання трубопроводу.
4. Збирання нитки поліетиленових труб.
5. Установлення фасонних частин.
6. Монтаж насосного устаткування.
7. Гідравлічне випробування.
8. Засипання котловану.

Розрахунок трудомісткості та заробітної платні здійснювався в програмі АВК-5.

Графік виконання робіт побудовано в MS Project. Показники тривалості зображено на рисунку 3.

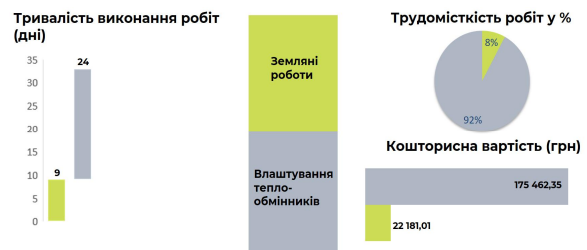


Рис. 3. Техніко-економічні показники влаштування горизонтального контуру

Виявилось, що найбільша кошторисна вартість, трудомісткість та тривалість робіт у процесі влаштування горизонтального контуру припадає на роботи по влаштуванню ґрунтового теплообмінника.

Порівняння техніко-економічних показників улаштування горизонтального контуру теплового насоса та енергоефективних паль

Обидві технології підбрані на встановлення обладнання для забезпечення однакової теплової потужності, проте техніко-економічні показники будівельних робіт дуже різняться (рис. 4).

Трудомісткість улаштування теплообмінників у горизонтальному контурі, порівнянно з енергоефективними палями, на 81 % менша. Вартість улаштування теплообмінників в енергетичних палях на 73 % більша, ніж у горизонтальному контурі, через велику вартість бурових робіт.

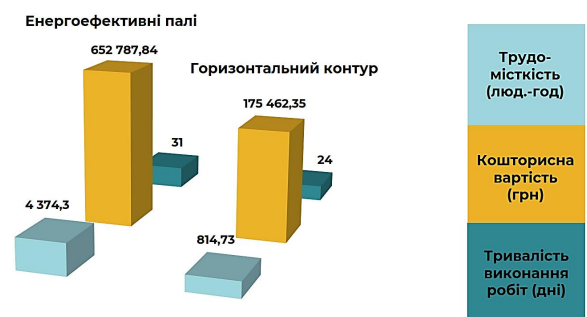


Рис. 4. Порівняння техніко-економічних показників улаштування теплообмінників в енергоефективних буронабивних палях та у вигляді горизонтального контуру

Тривалість робіт з улаштування горизонтального теплообмінника скоро-

тяться на 23 % порівняно з улаштуванням контуру в енергоефективних палях.

Висновки

Розглянуто два варіанти влаштування зовнішнього контуру теплового насоса на об'єкті: 1 – у складі енергоефективної буронабивної палі; 2 – у вигляді горизонтального теплообмінника. Розроблено технологічні карти на вказані процеси для двох варіантів. Отримано показники трудомісткості, вартості і тривалості будівельних робіт.

Трудомісткість улаштування теплообмінників у горизонтальному контурі майже в чотири рази нижча, ніж при влаштуванні енергоефективних буронабивних паль. Вартість робіт також нижча майже вчетверо.

Отже, раціональним рішенням буде влаштування контуру теплового насосу у вигляді горизонтального теплообмінника. Незважаючи на це, забудовник не завжди обере цей варіант, оскільки для його влаштування необхідно передбачити значну територію, яку не можна віддавати під забудову чи тимчасові торгівельні споруди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борис Додонов. Рейтинг енергоефективності областей України – 2018. Ukrainian Energy Index. Третій випуск [Електронний ресурс]. URL: http://energy-efficiency.in.ua/wp-content/uploads/UEI_13_3.pdf
2. Дікарев К. Б., Кузьменко О. М., Петренко В. О., Саньков П. М., Кислиця Л. В., Ібадов Н. П. Експериментальні дослідження експлуатаційних показників термоактивної покрівельної панелі. *Nauka innovating*. 2020. Т. 16, № 2. С. 62–71. (Web of Science)
3. Дікарев К. Б., Куценко А. О., Кузьменко О. М., Петренко В. О., Чашин Д. Ю. Патент 1398144 Україна, МПК E04B 7/22. Покрівельна панель для мінімізування витрат на охолодження будинків. Заявник та патентовласник ДВНЗ «ПДАБА». № u 2019 06733, заявл. 14.06.2019; опубл. 27.01.2020. Бюл. № 2. 4 с.
4. Захаров А. В., Сычкина Е. Н., Пономарев А. Б. Энергоэффективные конструкции в строительстве [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособ. Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. 103 с.
5. Березюк А. М., Дікарев К. Б., Папірник Р. Б., Скокова А. О., Кузьменко О. М. Дослідження практичного застосування і ефективності використання відновлюваних джерел енергії у житловому будівництві. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. Дніпропетровськ : ДВНЗ ПДАБА, 2013. № 8. С. 28–32.
6. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Київ : Мінрегіон України, 2017. 42 с.
7. Любарець О. П., Сенчук М. П., Любарець В. О. Опалення. Визначення теплової потужності системи опалення» для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» (спеціалізація «Теплогазопостачання і вентиляція»). Київ : КНУБА, 2016. 34 с.
8. ДБН В.2.5-67:2014. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіонбуд та ЖКГ України, ДП «Укрархбудінформ» Мінбуду України, 2013. 141 с.
9. ДСТУ Б EN 12831:2008. Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження. Київ : Мінрегіон України, 2012. 72 с.
10. ДСТУ Б EN 15251:2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. Київ : Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2012. 71 с.

REFERENCES

1. Boris Dodonov. *Reytynh enerhoefektyvnosti oblastey Ukrayiny – 2018. Tretiy vypusk* [Energy efficiency rating of regions of Ukraine - 2018. Third issue]. Ukrainian Energy Index. [Electronic resource]. URL: http://energy-efficiency.in.ua/wp-content/uploads/UEI_13_3.pdf. (in Russian)
2. Dikarev K.B., Kuzmenko O.M., Petrenko V.O., Sankov P.M., Kislitsa L.V. and Ibadov N.P. *Eksperymental'ni doslidzhennya ekspluatatsiynykh pokaznykiv termoaktyvnoyi pokryvel'noyi paneli* [Experimental researches of operational indicators of thermoactive roof panel]. *Nauka innovating*. 2020, vol. 16, no. 2. pp. 62–71. (Web of Science) (in Ukrainian)
3. Dikarev K.B., Kutsenko A.O., Kuzmenko O.M., Petrenko V.O. and Chashin D.Yu. *Patent 1398144 Ukrayina, MPK E04B 7/22. Pokryvel'na panel' dlya minimizuvannya vytrat na okholodzhennya budynkiv* [Patent 1398144 Ukraine, МПК E04B 7/22. Roofing panel for the cost minimizing of cooling houses]. Applicant and patent owner is PSACEA No. u 2019 06733, application. 06/14/2019; publ. 01/27/2020, bull. no. 2, 4 p. (in Ukrainian)

4. Zakharov A.V., Sychkina E.N. and Ponomarev A. B. *Energoeffektivnyye konstruksii v stroitel'stve* [Energy-efficient structures in construction : electron. textbook]. Perm' : Izd-vo Perm. nats. issled. politekhn. un-ta [Perm : Perm Publishing House. Nat. research. Polytechnic University]. [Electronic resource]. 2017, 103 p. (in Russian)
5. Berezyuk A.M., Dikarev K.B., Papirnyk R.B., Skokova A.A. and Kuzmenko O.M. *Doslidzhennya praktychnoho zastosuvannya i efektyvnosti vykorystannya vidnovlyuvanykh dzherel enerhiyi u zhytlovomu budivnytstvi* [Research of practical application and efficiency of use of renewable energy sources in housing construction]. *Visnyk Prydniprovsk'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk : SHEI PSACEA, 2013, no. 8, pp. 28–32. (in Ukrainian)
6. *DBN V.2.6-31:2016. Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Teplova izolyatsiya budivel'* [DBN B.2.6-31: 2016. Constructions of buildings and structures. Thermal insulation of buildings]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017, 42 p. (in Ukrainian)
7. Lyubarets O.P., Senchuk M.P. and Lyubarets V.O. *Opalennya. Vyznachennya teplovoyi potuzhnosti systemy opalennya» dlya studentiv spetsial'nosti «Budivnytstvo ta tsyvil'na inzheneriya» : metodychni vkazivky (spetsializatsiya «Teplohazopostachannya i ventylyatsiya»)* [Determination of thermal capacity of the heating system for students in "Construction and Civil Engineering" : Heating. Methodical instructions (specialization "Heat and gas supply and ventilation")]. Kyiv : Kyiv National University of Construction and Architecture, 2016, 34 p. (in Ukrainian)
8. *DBN V.2.5-67:2014. Opalennya, ventylyatsiya ta kondytsionuvannya* [DBN B.2.5-67: 2014. Heating, ventilation and air conditioning]. Kyiv : Ministry of Regional Development and Housing of Ukraine, SE "Ukrarchbudinform" Ministry of Construction of Ukraine, 2013, 141 p. (in Ukrainian)
9. *DSTU B EN 12831:2008. Systemy opalennya budivel'. Metod vyznachennya proektnoho teplovoho navantazhennya* [DSTU B EN 12831: 2008. Heating systems of buildings. Method for determining of the heat load]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2012, 72 p. (in Ukrainian).
10. *DSTU B EN 15251:2011. Rozrakhunkovi parametry mikroklimatu prymishchen' dlya proektuvannya ta otsinky enerhetychnykh kharakterystyk budivel' po vidnoshennyu do yakosti povitrya, teplovoho komfortu, osvillennya ta akustyky* [DSTU B EN 15251: 2011. Estimated parameters of the microclimate of the premises for the design and evaluation of energy performance of buildings in relation to air quality, thermal comfort, lighting and acoustics]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2012, 71 p. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції : 20.10.2020.

УДК 614.8.01

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.127.707

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ

МІТІНА Н. Б.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
МАЛИНОВСЬКА Н. В.², ст. виклад.,
ВОРОБІЙОВА Л. О.³, канд. техн. наук, доц.,
ШАТАЛІН Д. Б.⁴, канд. с-г. наук, доц.

^{1*} 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

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: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

³ Кафедра екології, теплотехніки та охорони праці, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 374-84-42, e-mail: vorobiova.liliia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3729-5140

⁴ 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: dmitrij.shatalin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9227-0320

Анотація. Постановка проблеми. Пожежі – найбільш поширені причини надзвичайних ситуацій на об'єктах із масовим перебуванням людей. Тому актуальною бачиться необхідність упровадження нових засобів і способів забезпечення пожежної безпеки, спрямованих на збереження життя і здоров'я людей під час можливих пожеж у будівлях. **Мета статті** – аналіз евакуаційних заходів під час пожежі в навчальних закладах та визначення шляхів їх оптимізації. **Методика.** Теоретичні та розрахункі методи дослідження, нормативно-правові документи. **Результати.** Теоретично визначено, що зростання небезпечних факторів пожежі до значень, здатних заподіяти шкоду життю і здоров'ю людей, відбувається лічені хвилини. Основними причинами смерті під час пожеж стають отруєння токсичними продуктами горіння – 67 %, вплив високої температури – 23 %, задуха в разі зниженої концентрації кисню під час пожежі – 10 %. Установлено, що проблема зменшення часу евакуації під час пожеж в Україні вирішується проведенням навчань в організації евакуації, залежить від кількості та складу людей у в будівлі, швидкості їх пересування. Визначено, що загальний час евакуації під час пожежі із навчальних приміщень триповерхової будівлі II ступеня вогнестійкості вдвічі перевищує нормативне значення, відповідно до ДБН В.1.1-7:2016. **Наукова новизна.** Уперше запропоновано організаційні заходи пожежної безпеки в навчальних закладах, спрямовані на збереження життя і здоров'я людей у випадку можливих пожеж у будівлях. **Практична значимість.** Як планування заходів евакуації внесено пропозиції з уніфікації розкладу занять у корпусах навчального закладу з метою уникнення негативних наслідків пожежі.

Ключові слова: організаційні заходи; евакуація; час евакуації; евакуаційний шлях; пожежа; пожежна безпека; навчальні заклади; оптимізація

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

МИТИНА Н. Б.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
МАЛИНОВСКАЯ Н. В.², ст. препод.,
ВОРОБЬЕВА Л. А.³, канд. техн. наук, доц.,
ШАТАЛИН Д. Б.⁴, канд. с.-х. наук, доц.

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», ул. Набережная Победы, 40, 49094, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimitina0000@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5384-7040

² Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», ул. Набережная Победы, 40, 49094, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

³ Кафедра экологии, теплотехники и охраны труда, Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, 49005, Днепро, Украина, тел. +38 (056) 374-84-42, e-mail: vorobiova.liliia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3729-5140

⁴ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», ул. Набережная Победы, 40, 49094, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: dmitrij.shatalin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9227-0320

Аннотация. Постановка проблемы. Пожары – наиболее распространенные причины чрезвычайных ситуаций на объектах с массовым пребыванием людей. Поэтому актуальной является необходимость внедрения новых средств и способов обеспечения пожарной безопасности, направленных на сохранение жизни и здоровья людей при возможных пожарах в зданиях. **Цель статьи** – анализ эвакуационных мероприятий при пожарах в учебных заведениях и определение путей их оптимизации. **Методика.** Применение теоретических и расчетных методов исследования, нормативно-правовых документов. **Результаты.** Теоретически определено, что рост опасных факторов пожара до значений, способных причинить вред жизни и здоровью людей, происходит в считанные минуты. Основные причины смерти во время пожаров – отравления токсичными продуктами горения – 67 %, влияние высокой температуры – 23 %, удушье при пониженной концентрации кислорода во время пожара – 10 %. Установлено, что проблема снижения времени эвакуации при пожарах в Украине решается проведением обучений в организации эвакуации, зависит от количества и состава людей в здании, скорости их передвижения. Рассчитано, что общее время эвакуации при пожаре из учебных помещений трехэтажного здания II степени огнестойкости вдвое превышает нормативное значение, согласно ДБН В.1.1-7:2016. **Научная новизна.** Предложены впервые организационные меры пожарной безопасности в учебных заведениях, направленные на сохранение жизни и здоровья людей при возможных пожарах в зданиях. **Практическая значимость.** В качестве планирования эвакуационных мероприятий внесены рекомендации унификации расписания занятий в корпусах учебного заведения, с целью избежать последствий пожара.

Ключевые слова: организационные мероприятия; эвакуация; время эвакуации; эвакуационный путь; пожар; пожарная безопасность; учебные заведения; оптимизация

INVESTIGATION OF FIRE EVACUATION MEASURES

MITINA N.B.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
MALINOVSKA N.V.², *Ass. Prof.*,
VOROBIOVA L.O.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
SHATALIN D.B.⁴, *Cand. Agric. (Tech.), Assoc. Prof.*

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

² The Department of Life Safety, SHEI “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 40, Naberezhna Peremohy, 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: natalimalinovska57@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6745-075X

³ The Department of Ecology, Heat-Transfer and Labour Protection, National Metallurgical Academy of Ukraine, 4, Haharina Ave., 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 374-84-42, e-mail: vorobiova.liliia@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3729-5140

⁴ The Department of Life Safety, SHEI “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 40, Naberezhna Peremohy, 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-12-25, e-mail: dmitrij.shatalin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9227-0320

Abstract. Fires are the most common cause of emergencies at crowded sites. Therefore, there is an urgent need to introduce new tools and methods to ensure fire safety, aimed at saving lives and health in case of possible fires in buildings. **Purpose.** Analysis of evacuation measures in case of fire in educational institutions and determination of ways to optimize them. **Methods.** Application of theoretical and calculation research methods, normative-legal documents. **Results.** It is theoretically determined that the growth of fire hazards to values that can harm human life and health is a matter of minutes. The main causes of death during fires were poisoning by toxic combustion products 67 %, exposure to high temperature 23 %, suffocation in case of low oxygen concentration during a fire 10 %. It is established that the problem of reducing the evacuation time in case of fires in Ukraine is solved by conducting exercises in the organization of evacuation, depends on the number and composition of the contingent in the building, the speed of their movement. It is determined that the total evacuation time in case of fire from the training premises of the three-storey building of the II degree of fire resistance is twice the normative value, according to SBC B.1.1-7:2016. **Scientific novelty.** Implementation of organizational fire safety measures in educational institutions aimed at saving lives and health in case of possible fires in buildings. **Practical significance.** As a planning of evacuation measures, proposals were made to unify the schedule of classes in the buildings of the educational institution in order to avoid the negative consequences of the fire.

Keywords: organizational activities; evacuation; evacuation time; evacuation route; fire; fire safety; educational establishments; optimization

Вступ. Пожежі – найбільш поширені причини надзвичайних ситуацій на об'єктах із масовим перебуванням людей. Останнім часом у цілій низці регіонів України зареєстровано збільшення числа пожеж, за яких відмічається велика кількість загиблих і травмованих людей, в тому числі дітей [1; 7]. Один із найважливіших заходів зниження пожежного ризику до соціально прийняттого рівня, включаючи скорочення числа загиблих і травмованих, – це евакуація людей [8].

Міжнародний та вітчизняний досвід свідчить, що вкрай важливим і необхідним заходом бачиться принцип перспективного планування евакуації за затвердженими раніше планами, які повинні ґрунтуватись і відповідати вимогам законодавства та характеру можливих надзвичайних ситуацій на відповідних територіях чи об'єктах господарювання [11].

Постановка проблеми. Заклади освіти характеризуються наявністю багатоповерхових будівель, великими площами приміщень та загальною кількістю людей, які одночасно можуть у них перебувати. Це підвищує ризик зростання кількості постраждалих під час пожежі.

Знижується здатність реагування пожежних підрозділів у разі швидкого наростання небезпечних факторів пожежі до значень, здатних заподіяти шкоду життю. Класифікація будівель та споруд за функціональною пожежною небезпекою накладає на архітектурно-будівельну класифікацію додатково необхідність урахування складу основного функціонального контингенту людей. Їх кількість, психофізіологічні якості і функціональний стан визначають можливості своєчасної та безперешкодної пішохідної евакуації, тобто єдиного, передбаченого технічним регламентом про вимоги пожежної безпеки, способу самостійно уникнути критичних рівнів впливу небезпечних чинників пожежі в його початковій стадії розвитку [2; 9].

Визначальними стають кількість та розміри евакуаційних виходів із будівель і приміщень навчальних закладів, їх конструктивні й планувальні рішення,

умови освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх облицювання. Все це повинно відповідати протипожежним вимогам будівельних норм [3; 5]. Тому дослідження параметрів евакуації на конкретному об'єкті та розроблення методів їх оптимізації досить актуальні.

Мета роботи – аналіз евакуаційних заходів під час пожежі в навчальних закладах та визначення шляхів їх оптимізації.

Матеріали і методи досліджень. Для визначення часу евакуації з навчальних приміщень застосовували статистичні, розрахункові методи дослідження, нормативно-правові документи [2–4].

Результати досліджень та їх обговорення. У щороку реєструється 2,5...4,5 млн пожеж, у яких загинули 17...62 тис. людей. Всього за 25 років жертвами 92 млн пожеж стали понад 1 млн людей. На рисунку 1 показано розподіл місць виникнення пожеж, наведені 24 країнами світу за останні п'ять років [12].

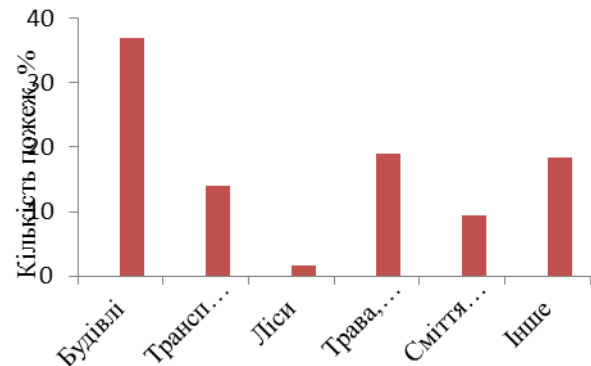


Рис. 1. Характеристика пожеж у світі за 2015...2019 роки (в аналізі не враховуються правила звіту про горіння сміття та трави в Росії, Білорусії, Україні)

У цілому в будівлях і на транспорті відбувається 51,7 % всіх зареєстрованих пожеж, у яких гине більшість (90...95 %) всіх жертв. Виняток становлять Болгарія і Маврикій, де пожежі в будівлях та на транспорті в сумі складають менше 20 % від загального числа. В Росії, Казахстані, Люксембурзі пожежі в будівлях та на транспорті в сумі складають понад 90 % усіх пожеж [1; 12]. В Україні на 22 % у 2019 році зросла кількість пожеж порівняно

з 2018 роком. Всього ж у країні щодоби відбуваються в середньому 254 пожежі, гине від 3 до 6 людей на кожні 100 випадків [7; 13]. Найбільше пожеж сталося 2018 року в Київській, Дніпропетровській та Одеській областях. Динаміка пожеж за період 2015...2019 роки в Україні наведена на рисунку 2.

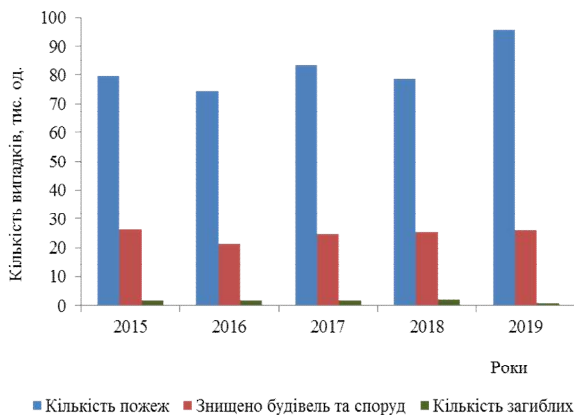


Рис. 2. Динаміка пожеж в Україні за 2015...2019 роки

Об'єктами пожеж в основному стали споруди житлового призначення: за 2019 рік згоріло 30 582 будівлі, будівель виробничого призначення за 2018 рік – 632; соціально-культурні, громадські та адміністративні споруди за 2019 рік – 561 одиниця. Причиною виникнення пожеж в Україні за статистикою останніх п'ять років стало (випадків/рік): необережне поводження з вогнем – 70 061, порушення правил техніки безпеки під час улаштування та експлуатації електроустановок – 11 075, порушення правил пожежної безпеки під час улаштування та експлуатації печей теплогенеруючих агрегатів та установок – 4 869, підпал – 3 044, порушення технологій виробництва та правил експлуатації транспортних засобів – 2 454, виробничого обладнання, технологічного процесу виробництва – 169 пустоці дітей з вогнем – 597.

Основними причинами смерті під час пожеж були отруєння токсичними продуктами горіння – 67 %, вплив високої температури – 23 %, задуха через знижену концентрацію кисню під час пожежі – 10 % [7].

За об'єкт дослідження обрано навчальний триповерховий корпус. Ширина дверного прорізу 1 м, довжина коридору другого поверху 42,6 м, довжина сходів 8,8 м, ширина евакуаційного шляху на сходах 1 м, коридору 3 м. Для розрахунку часу евакуації людей прийнято, що вона відбувалася з другого поверху триповерхової будівлі навчального корпусу, залежно від довжини та кількості ділянок, які визначають маршрут і швидкість руху по них (рис. 3).

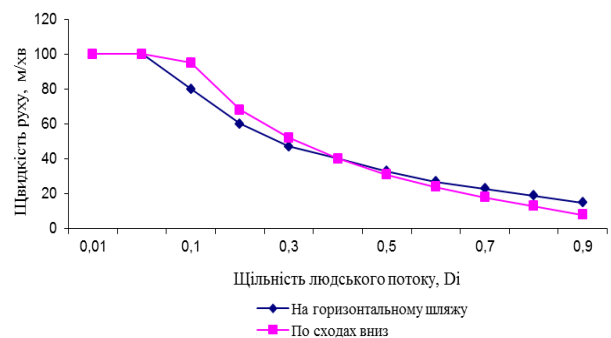


Рис. 3. Залежність швидкості руху людського потоку від його щільності

Швидкість руху зменшувалась у разі збільшення щільності людського потоку на ділянках шляху через проріз дверей, сходами. Дуже важливо враховувати цей рух у випадку великої кількості людей в умовах евакуації в разі пожежі. Також значно впливає на рух людських потоків психологічний, фізичний стан людей та їх вік.

Рух людини – складний процес, який може бути нормальним, аварійним, безладним і поточним, узгодженим (ходьба в ногу) і неузгодженим, тривалим і короткочасним, вільним і обмеженим. При ходьбі у темпі «швидкий крок» швидкість чоловіка та жінки складає 1,75...2,17 м/с та 1,67...2,06 м/с відповідно. Середня швидкість зі швидким кроком складає 1,92 та 1,83 м/с. При спокійному бігу інтервал швидкості чоловіка та жінки складає 3,61 та 3,56 м/с, а середня швидкість 3,06 та 2,94 м/с відповідно [8; 10].

Для організації планування евакуаційних заходів найбільше значення має нормальний, масовий, поточний рух. Вікова категорія працівників у навчальному

корпусі при обчисленні евакуаційного часу під час пожежі складала в середньому від 20 до 65 років. Розрахунки показали, що щільність людського потоку збільшується для кожної ділянки евакуаційного шляху. Так, час руху від найбільш віддаленої аудиторії до дверей приміщення – 0,45 хв, проходження 58 осіб із дверного отвору приміщення – 1,16 хв, потоковий рух по коридору від дверей навчальної аудиторії до сходового маршу – 0,71 хв, рух по сходовому маршу – 2,2 хв, проходження дверного отвору з будівлі – 3,51 хв.

Визначено, що загальний час евакуації з другого поверху триповерхової будівлі навчального корпусу склав 8 хв 2 секунди. Будівля навчального корпусу триповерхова, належить до II ступеня вогнестійкості [4; 5]. Кількість студентів, викладачів та співробітників під час проведення занять у цьому корпусі має бути такою, щоб час евакуації дорівнював 4 хв, відповідно до вимог [2; 3; 6]. Аналіз показав, що в ході евакуації кількість одноразового перебування студентів перевищує нормативні значення майже вдвічі. Для уникнення катастрофічних наслідків у разі пожежі адміністрації навчальних закладів надано рекомендації уніфікації розкладу

занять у корпусах навчального закладу. Аби уникнути паніки, важливо детальніше розглянути всі способи захисту студентів, штатних працівників від небезпечних факторів пожежі, а саме усунення їх дії та проведення евакуації в безпечну зону.

Висновок. Теоретично визначено, що найчастіше час зростання небезпечних факторів пожежі (отруєння токсичними продуктами горіння, дія високої температури, задуха) до значень, здатних заподіяти шкоду життю і здоров'ю людей, становить лічені хвилини.

Установлено, що загальний час евакуації у разі пожежі з навчальних приміщень триповерхової будівлі II ступеня вогнестійкості вдвічі перевищує нормативне значення, відповідно до ДБН В.1.1-7:2016.

Показано, що один із важливих факторів евакуації з приміщень під час пожежі, який впливає на рух людських потоків – це склад основного функціонального контингенту студентів, штатних працівників закладу.

Тому у планування заходів евакуації внесено пропозиції з уніфікації розкладу занять у корпусах навчального закладу з метою уникнення негативних наслідків пожежі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білошицький М. В. Аналіз статистичних даних про пожежі та їх наслідки в житловому секторі України. М. В. Білошицький, Р. В. Климась, О. П. Якименко, Д. Я. Матвійчук. *Пожежна безпека: теорія і практика*. 2013. № 14. С. 9–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbtp_2013_14_4
2. Вимоги пожежної безпеки до утримання евакуаційних шляхів і виходів. URL : <http://oppb.com.ua/docs/vimogi-pozhezhnovi-bezpeki-do-utrimannya-evakuaciynih-shlyahiv-i-vihodiv>
3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Чинний від 2016-10-31]. Київ: УкрНДІЦЗ, 2016. 39 с. <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-88>
4. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-02-01]. Київ : УкрНДІЦЗ, 2017. 31 с. https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759
5. ДСТУ Б В.2.6-77:2009 Конструкції будинків і споруд. Двері металеві протипожежні. Загальні технічні умови [Чинний від 2019-08-01]. Київ : Український зональний науково-дослідний і проектний інститут по цивільному будівництву (КІВЗНДІЕП), 2019. 20 с. <https://dnaop.com/html/33647/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3 %D0%91 %D0%92.2.6-77 2009>
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-19:2013 Настанова з виконання розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у містобудівній документації на мирний час. Київ : Мінрегіон України, 2014. 62 с. https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/nastanova_civilniy_zakhist
7. Український Науково дослідний інститут цивільного захисту. URL : <https://ispn.kievcity.gov.ua/>
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.10.2013 № 841. Про затвердження порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення, або виникнення надзвичайних ситуацій. Київ.: Офіційний вісник України, 2013. № 66. С. 2389. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/8>
9. Стеблюк М. І. Цивільна оборона: Підручник. 3-тє вид., перероб. і доп. Київ.: Знання, 2004. 490 с. URL: <http://posek.km.ua/biblioteka/>
10. Холщевников В. В., Парфененко А. П., Кудрин И. С., Истратов Р. Н., Белосохов И. Р. Эвакуация и

поведение людей при пожарах: учеб. пособие. Москва : Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с. URL: https://academygps.ru/upload/Library_files/fragments/92.pdf

11. Mitina N. B., Pliss M. M., Rogaltv M. V. Methodological and practical aspects of planning and organization of equauty in conditions of emergency situations. *Zbirnyk naukovykh prats' Prydniprovskoyi derzhavnoyi arkhitekturno-budivel'noyi akademiyi. Seriya: BZHD* [Collection of scientific works of Pridneprovsk State Architectural and Construction Academy. Series: safety of life]. № 105. 2018. Pp. 148–153. URL: <http://smm.pgasa.dp.ua/article/view/151241>

12. World fire statistics. URL: http://www.ctif.org/sites/default/files/news_files/2020-06/CTIF

13. WHO. Health statistics and information systems. URL: https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease

REFERENCES

1. Biloshickij M.V., Klimas R.V., Yakimenko O.P. and Matvijchuk D.Ya. *Analiz statistichnih danih pro pozhezhi ta yih naslidki v zhitlovomu sektori Ukrayini* [Analysis of statistical data on fires and their consequences in the residential sector of Ukraine]. *Pozhezha bezpeka: teoriya i praktika* [Fire safety : theory and practice]. 2013, no. 14, pp. 9–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbtp_2013_14_4. (in Ukrainian)

2. *Vimogi pozhezhoi bezpeki do utrimannya evakuacijnih shlyahiv i vihodiv* [Fire safety requirements for the maintenance of escape routes and exits]. URL: <http://oppb.com.ua/docs/vimogi-pozhezhoi-bezpeki-do-utrimannya-evakuacijnih-shlyahiv-i-vihodiv>. (in Ukrainian)

3. *DBN V.1.1-7:2016. Pozhezha bezpeka ob'yektiv budivnictva. Zagalni vimogi (Chinnij vid 2016-10-31)* [DBN B.1.1-7: 2016 Fire safety of construction objects. General requirements (Effective from 2016-10-31)]. Kyiv : UkrNDICZ, 2016, 39 p. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-88>. (in Ukrainian)

4. *DSTU B V.1.1-36:2016. Vznachennya kategorij primishen, budinkiv ta zovnishnih ustanovok za vibuhopozhezhoi ta pozhezhoi nebezpekoyu (Chinnij vid 2017-02-01)* [DSTU B B.1.1-36: 2016 Determination of categories of premises, buildings and outdoor installations for explosion and fire hazard (Effective from 2017-02-01)]. Kyiv : UkrNDICZ, 2017, 31 p. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759. (in Ukrainian)

5. *DSTU B V.2.6-77:2009. Konstrukciyi budinkiv i sporud. Dveri metalevi protipozhezhni. Zagalni tehniczni umovi (Chinnij vid 2019-08-01)* [DSTU B B.2.6-77: 2009. Constructions of buildings and structures. Metal fire doors. General technical conditions (Valid from 2019-08-01)]. *Ukrayinskij zonalnij naukovo-doslidnij i proektnij institut po civilnomu budivnictvu (KIYiVZNDIEP)* [Ukrainian Zonal Research and Design Institute for Civil Engineering (KYIVZNDIEP)]. Kyiv : 2019, 20 p. URL: https://dnaop.com/html/33647/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%D0%91%D0%92.2.6-77_2009. (in Ukrainian)

6. *DSTU-N B B.1.1-19:2013. Nastanova z vikonannya rozdilu inzhenerno-tehnicnih zahodiv civilnogo zahistu (civilnoyi oboroni) u mistobudivnij dokumentaciji na mirnij chas* [DSTU-N B B.1.1-19: 2013 Guidelines for the implementation of the section of engineering and technical measures of civil defense (civil defense) in urban planning documentation for peacetime]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014, 62 p. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/nastanova_civilnij_zakhist. (in Ukrainian)

7. *Ukrayinskij Naukovo doslidnij institut civilnogo zahistu* [Ukrainian Research Institute of Civil Defense]. URL: <https://ispn.kievcity.gov.ua/> (in Ukrainian)

8. *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayini vid 30.10.2013 № 841 «Pro zatverdzhennya poryadku provedennya evakuaciji u razi zagrozi viniknennya, abo viniknennya nadzvichajnih situacij»* [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 30.10.2013 no. 841. "On approval of the procedure for evacuation in case of threat of occurrence or occurrence of emergencies"]. *Oficijnij visnik Ukrayini* [Official Gazette of Ukraine]. Kyiv : 2013, no. 66, p. 2389. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/8>. (in Ukrainian)

9. Steblyuk M.I. *Civilna oborona: pidruchnik 3-tye vid., pererob. i dop.* [Civil Defense : a textbook, 3rd ed., revised. and ext.]. Kyiv : Znannya, 2004, 490 p. URL: <http://posek.km.ua/biblioteka/> (in Ukrainian)

10. Holshevnikov V.V., Samoshin D.A., Parfenenko A.P., Kudrin I.S., Istratov R.N. and Belosohov I.R. *Evakuaciya i povedenie lyudej pri pozharah : ucheb. posobie* [Evacuation and behavior of people during fires: textbook allowance] Moscow : State Fire Service Academy EMERCOM of Russia, 2015, 262 p. (in Russian)

11. Mitina N.B., Plis M.M., Plis M.M., Rogaltv M.V. and Malynovska N.V. Methodological and practical aspects of planning and organization of equauty in conditions of emergency situations. *Zbirnyk naukovykh prats' Prydniprovskoyi derzhavnoyi arkhitekturno-budivel'noyi akademiyi. Seriya: BZHD* [Collection of scientific works of Pridneprovsk State Architectural and Const ruction Academy. Series: Safety of Life]. No. 105, 2018, pp. 148–153. URL : <http://smm.pgasa.dp.ua/article/view/151241>

12. World fire statistics. URL: http://www.ctif.org/sites/default/files/news_files/2020-06/CTIF

13. WHO. Health statistics and information systems. URL: https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/index1

Надійшла до редакції : 30.09.2020.

УДК 504.75

DOI : 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.133.708

ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ

САМОСІЄНКО Я. Б.¹, студ.,
НАЛИСЬКО М. М.^{2*}, докт. техн. наук, доц.,
ТИМОШЕНКО О. А.³, канд. техн. наук, доц.,
ЧЕРНЕТА В. М.⁴, ст. виклад.

¹ Факультет цивільної інженерії та екології, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: yoroslav50647@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2808-8425

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, Україна, 49600, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: 59568@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4039-1571

³ Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 452-43-63, e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3114-9820

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: valeriycherneta@gmail.com

Анотація. Постановка проблеми. Одну з найважливіших проблем існування людини на Землі становить проблема екологічної безпеки. За своєю природою вона не може бути віднесена тільки до сфери природознавства або до сфери суспільствознавства, оскільки охоплює складний комплекс взаємозв'язків людини та природи. Так, в Україні розвиток суспільства, стан економічних та соціальних відносин напряму залежить від якості та розмірів доступних до використання ресурсів навколишнього природного середовища, що свідчить про зрощення ресурсно-екологічних загроз. Проблеми довкілля являють собою органічне переплетення економічних, політичних, правових, етичних, а також наукових і технологічних компонентів. Уся діяльність людей, у тому числі й наукова, спрямована на те, щоб найповніше розкрити таємниці природи, приборкати і підпорядкувати її задоволенню своїх різноманітних і постійно зростаючих потреб. **Мета статті** – оцінити місце загроз людського фактора і їх результат у системі екологічної безпеки України та дати пропозиції щодо їх подолання. **Висновок.** Установлено, що екологічна безпека як заперечення екологічних загроз локальних, регіональних і глобальних масштабів повинна включати фактор соціальних криз які призводять до екологічних стихій та техногенних катастроф. Забезпечення екологічної безпеки у вигляді вирішення екологічних проблем неможливе без усунення соціальних загроз, що гарантує громадянам України розвиток і проживання в безпеці. Рівень національної безпеки, що склався і буде складатися в Україні в майбутньому, вочевидь, визначається рівнем системи управління державою. Тому одним із таких стратегічно важливих підходів до природно-техногенної безпеки України має бути створення ефективної системи державноуправлінських механізмів захисту безпеки людини, природи та суспільства.

Ключові слова: екологічна безпека; людський фактор; екологічна шкода; соціальна криза; екологія держави; екологічна загроза; охорона навколишнього середовища

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УКРАИНЕ

САМОСИЕНКО Я. Б.¹, студ.,
НАЛИСЬКО Н. Н.^{2*}, докт. техн. наук, доц.,
ТИМОШЕНКО Е. А.³, канд. техн. наук, доц.,
ЧЕРНЕТА В. Н.⁴, ст. препод.

¹ Факультет гражданской инженерии и экологии, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: yoroslav50647@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2808-8425

^{2*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, Украина, 49600, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: 59568@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4039-1571

³ Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, Державне вище навчальне заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 452-43-63, e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3114-9820

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державне вище навчальне заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-92, e-mail: valeriycherneta@gmail.com

Аннотация. Постановка проблемы. Одной из важнейших проблем существования человека на Земле является проблема экологической безопасности. По своей природе она не может быть отнесена только к сфере естествознания или к сфере обществоведения, так как она охватывает сложный комплекс взаимосвязей человека и окружающей его природы. Так, в Украине развитие общества, состояние экономических и социальных отношений неразрывно зависят от качества и размеров доступных к использованию ресурсов окружающей среды, что свидетельствует о сращивании ресурсно-экологических угроз. Проблемы окружающей среды представляют собой органическое переплетение экономических, политических, правовых, этических, а также научных и технологических компонентов. Вся деятельность людей, в том числе и научная, направлена на то, чтобы наиболее полно раскрыть тайны природы, обуздать и подчинить ее удовлетворению своих разнообразных и постоянно растущих потребностей. **Цель статьи** – оценить место угроз человеческого фактора и их результат в системе экологической безопасности Украины и предоставить предложения по их преодолению. **Вывод.** Установлено, что экологическая безопасность как отрицание экологических угроз локального, регионального и глобального масштабов должна включать фактор решения социальных кризисов, которые приводят к техногенным катастрофам. Обеспечение экологической безопасности в виде решения экологических проблем невозможно без устранения социальных угроз, что гарантирует гражданам Украины развитие и проживание в безопасности. Уровень национальной безопасности, который сложился и будет развиваться в Украине, определяется уровнем системы управления государством. Поэтому одним из таких стратегически важных подходов к природно-техногенной безопасности Украины должно быть создание эффективной системы государственно-управленческих механизмов защиты безопасности человека, природы и общества.

Ключевые слова: экологическая безопасность; человеческий фактор; экологический вред; социальный кризис; экология государства; экологическая угроза; охрана окружающей среды

CHALLENGES AND WAYS TO IMPROVE ECOLOGICAL SAFETY IN UKRAINE

SAMOSEENKO Y.B.¹, *Stud.*,
NALISKO M.M.^{2*}, *Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
TYMOSHENKO O.A.³, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
CHERNETA V.M.⁴, *Ass. Prof.*

¹ Department of Vital Activity Safety, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: yoroslav50647@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2808-8425

^{2*} Department of Vital Activity Safety, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: 59568@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4039-1571

³ Department of Ecology and Environmental Protection, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-05, e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3114-9820

⁴ Department of Vital Activity Safety, State Higher Education Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: valeriycherneta@gmail.com

Abstract. Problem statement. One of the most important problems of human existence on Earth is the problem of environmental safety. The problem of environmental safety by its nature can not be attributed only to the field of natural sciences or to the field of social sciences, as it covers a complex set of relationships between man and his surrounding nature. Thus, in Ukraine, the development of society, the state of economic and social relations inextricably depends on the quality and size of available resources of the environment, which indicates the merging of resource and environmental threats. Environmental issues are an organic interweaving of economic, political, legal, ethical, as well as scientific and technological components. All human activity, including scientific, was aimed at revealing the secrets of nature to the fullest extent, curbing and subordinating it to the satisfaction of its diverse and constantly growing needs. **The purpose of the article** is to establish the place of threats of the human factor and their result in the system of ecological safety of Ukraine and to provide proposals for their solution. **Conclusion.** It has been established that

environmental safety as a negation of environmental threats of local, regional and global proportions should include a factor in solving social crises that lead to technological disasters. Ensuring environmental safety in the form of solving environmental problems is impossible without eliminating social threats, guarantees the citizens of Ukraine development and living in safety. The level of national security that has developed and will continue to develop in Ukraine is determined by the level of the state administration system. Therefore, one of such strategically important approaches to the natural and technogenic security of Ukraine should be the formation of an effective system of state and administrative mechanisms for protecting the safety of man, nature and society.

Keywords: *environmental safety; human factor; environmental harm; social crisis; state ecology; ecological threat; environmental protection*

Постановка проблеми. Одні з найважливіших проблем існування людини на Землі – це проблема екологічної безпеки. Небачено активна й здебільшого непродумана діяльність людини, супроводжувана знищенням природних ресурсів і забрудненням навколишнього середовища, спричинила те, що нині біосфера планети перебуває в критичному стані, коли до глобальної катастрофи залишилися лічені кроки. Так, в Україні розвиток суспільства, стан економічних та соціальних відносин на пряму залежить від якості та розмірів доступних до використання ресурсів нашого природного середовища, що свідчить про зрощення ресурсно-екологічних загроз. Ці та інші проблеми, які вже давно вийшли за національні межі країни, стали об'єктом не тільки внутрішньої, а й світової політики.

У наш час традиційні кордони між країнами, націями з екологічної точки зору стають прозорими, проникними, а діяльність, яка колись вважалася винятково «внутрішньою справою», сьогодні зумовлює екологічну ситуацію, розвиток і виживання інших країн. Отже, всі ми «пов'язані» між собою. І діяти повинні разом. А критична межа вже зовсім близько (а можливо, вона вже досягнута?)...[1 – 3].

Аналіз публікацій. Проблемам екологічної безпеки присвячено праці науковців Б. Данилишиної, Т. Яковишиної, Г. Шматкова, С. Дорогунцова, Є. Єфімова, А. Качинського, Г. Серова, І. Огородника, І. Підкамінного, В. Потапова, М. Хилька, Є. Яковлева та ін.

Поняття екологічної безпеки вперше було застосоване у 1974 р. у США, у праці генерала М. Тейлора [4].

Розробки наукової школи О. М. Адаменка виконувались із 1989 р.,

коли він створив Карпатський інженерно-екологічний центр (КІЕЦ) Інституту екологічної безпеки і природних ресурсів (1995) як структурний підрозділ Університету нафти і газу, який з 2006 р. увійшов до складу НДІ нафтогазових технологій та екології і успішно розвивається і тепер [8].

А. Тендюк (А. Олексюк) провела дослідження та узагальнила підходи щодо тлумачень вченими шляхів посилення екологічної безпеки з позиції врахування у ньому ключових об'єктів екологічної безпеки.

За результатами досліджень маловідомого А. В. Гриценка виконані наукові розробки зі створення механізму впровадження екологобезпечних технологій, які пов'язані з його працями, присвяченими екологічній безпеці в Україні, й обґрунтування еколого-економічних методів застосування моніторингових систем, екологічного аудиту та інтегрованого управління виробництвом, а також розроблено методологію визначення ступеня екологічного ризику, зумовленого господарською діяльністю.

Мета статті – встановити місце загроз людського фактора і їх результат в системі екологічної безпеки України та надати пропозиції щодо їх подолання.

Результати дослідження. Проблеми довкілля являють собою органічне переплетення економічних, політичних, правових, етичних, а також наукових і технологічних компонентів (рис.). Уся діяльність суспільства в галузі екології була спрямована на найповніше підпорядкування природних ресурсів задоволенню своїх різноманітних і постійно зростаючих потреб [5, с.130].

Екологічна шкода – вид екологічної ситуації, яка полягає в умисному або невмисному заподіянні збитків навколишньому середовищу, яке може мати соціально-політичні або економічні або

правові наслідки. Змінена внаслідок заподіяної шкоди якість природного середовища, у свою чергу, негативно впливає на соціальне середовище: завдається шкода здоров'ю людей, майну.

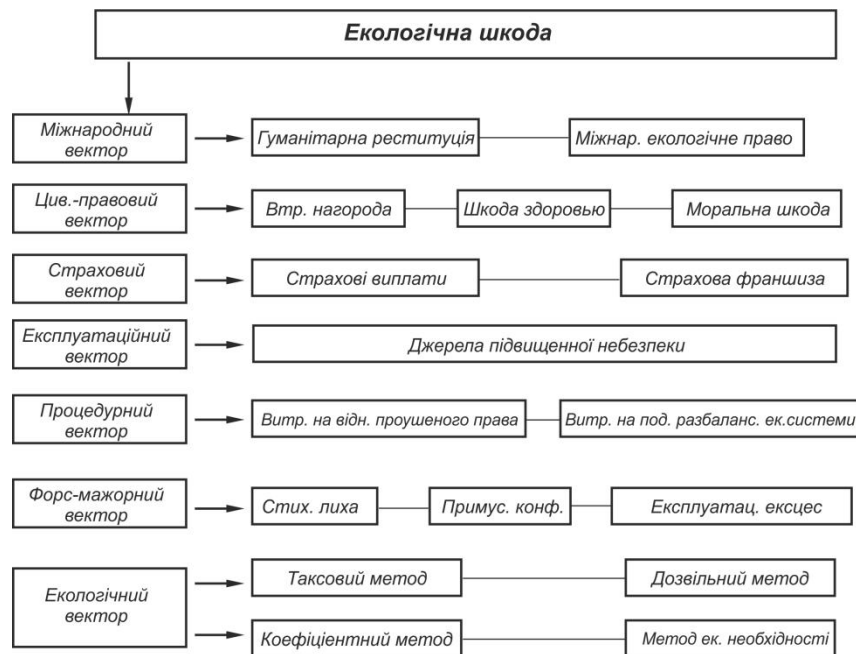


Рис. Компенсаторні вектори екологічної шкоди [6]

Причини надзвичайних ситуацій екологічного характеру навколишнього середовища, з'ясувавши які можливо вирішити проблеми для народного господарства України:

1) Невідповідальне ставлення до своїх вчинків

Оцінюючи екологічну безпеку, необхідно мати на увазі, що явище, далеке в часі і в просторі, здається менш істотним. У процесі експлуатації природних систем не можна переходити деякої межі, що дозволить цим системам зберігати властивість самопідтримки (саморегуляції). Слабкі дії можуть не викликати відповідних реакцій у природної системи до тих пір, поки, накопичившись, вони не викличуть розвиток бурхливого динамічного процесу.

Отже, деякі негативні екологічні наслідки проявляють себе не відразу, а через місяці і роки після самої надзвичайної ситуації. Тому важливо заздалегідь передбачити їх можливість, аби вжити заходів до нормалізації екологічної обстановки та шкоди.

2) Промисловий розвиток та урбанізація

Деградація екосистем, швидкі темпи зростання промисловості і розширення вживання хімічних речовин збільшують ризик виникнення надзвичайних ситуацій. Крім того, темпи промислового розвитку в багатьох країнах, що розвиваються, випереджають можливості урядів у розвитку інфраструктури для боротьби з катастрофами, що породжує значну уразливість і велику залежність від міжнародної допомоги.

3) Воєнні конфлікти

Причинами надзвичайних екологічних ситуацій стають також збройні конфлікти, оскільки під час війни часто використовується хімічна, радіаційна та інші види зброї, яка завдає невідправну шкоди природі.

4) Економічні причини

Уразливе довкілля робить надзвичайні ситуації ще більш руйнівними, тому гарантія техногенної й екологічної безпеки визначається, перш за все, розвитком безпечних технологій, якісними параметрами виробництва і наявністю ресурсів, використовуваних для зниження вірогідності виникнення драматичних

наслідків його функціонування, прогнозуванням природних катастроф і концентрацією засобів на ліквідацію їх наслідків [7].

Якщо проаналізувати структуру капітальних вкладень на охорону навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів в Україні у 2015 р., можна побачити, що 9 % коштів із них виділено на охорону надр і раціональне використання мінеральних ресурсів,

оскільки мінерально-сировинні ресурси – одна з основ людської діяльності. На будівництво підприємств і полігонів для утилізації, знешкодження і захоронення токсичних промислових, побутових та інших відходів виділено 6,3 %, хоча кількість побутових відходів продовжує збільшуватися, отож налагодження виробництва обладнання для промислової утилізації відходів дуже важливе (табл.).

Таблиця

Заходи для захисту навколишнього середовища під час здійснення будівельного виробництва [9]

Заходи захисту	Результат
Використання мобільних фільтровентиляційних агрегатів, будівельної техніки на електроприводі	Зниження рівня забруднення атмосферного повітря газопиловими викидами
Улаштування тимчасових мереж каналізації, забезпечення повторного застосування води влаштуванням резервуарів-відстійників	Зменшення забруднення підземних вод, зниження рівня споживання водних ресурсів
Захисні огорожі	Захист тваринного світу
Використання будівельної техніки на електроприводі, влаштування віброзахисних і шумозахисних екранів	Зниження негативних впливів на акустичне середовище
Облаштування виїздів із будівельного майданчика пунктами миття (очищення) коліс, обладнання контейнерів для зберігання сміття, які щільно закриваються кришкою.	Зниження рівня забруднення навколишнього середовища будівельними відходами.

У відповідності зі ст. 37 Закону про охорону навколишнього середовища будівництво і реконструкція будівель, споруд та інших об'єктів повинні здійснюватися за затвердженими проектами, які мають позитивні висновки державної екологічної експертизи, з дотриманням екологічних вимог, а також санітарних та будівельних вимог, норм і правил. Забороняється будівництво і реконструкція до затвердження проектів і до відведення земельних ділянок у натурі, а також зміна затверджених проектів всупереч екологічним вимогам. Під час будівництва і реконструкції необхідно вживати заходів щодо рекультивативної земель та благоустрою територій.

Крім того, екологічна безпека включає в себе набагато більший аспект проблем, які більшою мірою позначаються на життєдіяльності людини внаслідок забруднення повітря, ґрунтів і природних процесів Землі. Прикладом цього постає один із найбільш небезпечних для людства і природи нищівний процес – війни. Саме

вони призводять не тільки до втрат територій, землі, людей, не тільки до зниження екологічної безпеки країни і навіть усієї планети, а й до втрати ресурсів існування усього живого.

В Україні, з цієї причини, в ході збройного конфлікту на Донбасі, постраждало 17 % лісів і 24 % степів регіону. Всі вони були знищені пожежами і обстрілами. Про це повідомляється у звіті Координатора проектів ОБСЄ в Україні та Міністерства екології та природних ресурсів України.

У рамках проекту «Визначення шкоди, заподіяної навколишньому природному середовищу на сході України» були досліджені підконтрольні українській владі території Донбасу. Проблеми екологічної безпеки набули в Україні надзвичайної гостроти. Для вирішення цих проблем необхідне розроблення наукових засад екологічної безпеки України та державноуправлінських механізмів її реалізації.

Висновки. Встановлено, що екологічна безпека, як заперечення екологічних загроз локальних, регіональних і глобальних масштабів, повинна включати фактор соціальних криз, які призводять до екологічних стихій та техногенних катастроф. Забезпечення екологічної безпеки у вигляді вирішення екологічних проблем неможливо без усунення соціальних загроз, що гарантує громадянам України розвиток і проживання в безпеці.

Рівень національної безпеки, що склався і буде складатися в Україні в майбутньому, вочевидь, визначається рівнем системи управління державою. Тому одним із таких стратегічно важливих підходів щодо природно-техногенної безпеки України має бути створення ефективної системи державноуправлінських механізмів захисту безпеки людини, природи та суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прокіп А. В., Восканян С. Ю. Екологічна безпека адміністративно-територіальної одиниці як важливий чинник соціально-економічного розвитку. *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ*. 2019. № 1. С. 1–10.
2. Гетьман А. П., Шульга М. В. Екологічне право України : підруч. Харків : Право, 2016. 260 с.
3. Sobolev V. V., Shyman L. M., Nalysko M. M., Kyrychenko O. L. Computational modeling in research of ignition mechanism of explosives by laser radiation. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2017. № 6. Pp. 53–60.
4. Качинський А. Б. Екологічна безпека України : системний аналіз, перспективи покращення. URL: <http://old.niss.gov.ua/book/Kachin/index.htm>
5. Герасимчук З. В., Олексюк А. О. Екологічна безпека регіону : діагностика та механізм забезпечення : монографія. Луцьк : Надстир'я, 2017. 280 с.
6. Швидченко І. Г. Екологічна шкода – проблеми оцінки та відшкодування за українським законодавством. *Національний юридичний журнал : теорія і практика* (Молдова). Червень, 2018. С. 103–107. URL: http://www.jurnaluljuridic.in.ua/archive/2018/3/part_2/24.pdf
7. Шмандій В., Бездезніч Л., Харламова О., Святенко А., Мальований М., Петрушка К., Полюжин І. Методи стабілізації вмісту солі в системах циркуляційного водопостачання. *Хімія та хімічні технології*. 2017. Вип. 11, № 2. С. 242–246.
8. Адаменко О. М., Міщенко Л. В. Екологічний аудит територій. Івано-Франківськ : Факел, 2000. 342 с.
9. Тимошенко О. А., Савицький М. В. Аналіз та характеристика основних факторів, які впливають на екологічну безпеку приміщень житлових будівель. *Вісник ПДАБА*. № 1. 2015. С. 18–27.

REFERENCES

1. Prokip A.V. and Voskanyan S.Yu. *Ekolohichna bezpeka administratyvno-terytorialnoi odyntsi yak vazhlyvyi chynnyk sotsialno-ekonomichnoho rozvytku* [Ecological security of the administrativeterritorial unit as an important factor in socio-economic development]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu vnutrishnikh sprav* [Scientific herald of Lviv State University of Internal Affairs]. 2019, no. 1, pp. 1–10. (in Ukrainian)
2. Hetman A.P. and Shulha M.V. *Ekolohichne pravo Ukrainy : pidruchnyk* [Environmental Law of Ukraine : textbook]. 2016, Kharkiv : Pravo Publ., 260 p. (in Ukrainian)
3. Sobolev V.V., Shyman L.M., Nalysko M.M. and Kyrychenko O.L. Computational modeling in research of ignition mechanism of explosives by laser radiation. *Scientific Bulletin of National Mining University. Scientific and technical journal*. 2017, no. 6, pp. 53–60.
4. Kachynskiy A.B. *Ekolohichna bezpeka Ukrainy: systemnyi analiz, perspektyvy pokrashchennia* [Ecological safety of Ukraine: system analysis, prospects for improvement]. URL: <http://old.niss.gov.ua/book/Kachin/index.htm> (in Ukrainian)
5. Herasymchuk Z.V. and Oleksiuk A.O. *Ekolohichna bezpeka rehionu: diahnostyka ta mekhanizm zabezpechennia* [Ecological safety of the region: diagnostics and mechanism of support]. 2017, Lutsk : Nadstyria Publ., 280 p. (in Ukrainian)
6. Shvydchenko I.H. *Ekolohichna shkoda – problemy otsinky ta vidshkoduvannia za ukrainskym zakonodavstvom* [Environmental damage – problems of assessment and compensation under Ukrainian law]. *Natsionalnyi yurydychnyi zhurnal: teoriia i praktyka* [National Law Journal: Theory and Practice]. Moldavia, 2018, June, pp. 103–107. (in Ukrainian)
7. Shmandiy V., Bezdeneznych L., Kharlamova O., Svjatenko A., Malovanyy M., Petrushka K. and Polyuzhyn I. *Metodi stabilizacii vmistu soli v sistemah cirkulyacijnogo vodopostachannya* [Methods of salt content stabilization in circulating water supply systems]. *Himiya ta himichni tehnologii* [Chemistry & Chemical Technology]. 2017, vol. 11, no. 2, pp. 242–246. (in Ukrainian)

8. Adamenko O.M. and Mischenko L.V. *Ekolohichniy audit terytori* [Ecological audit of territories]. 2000, Ivano-Frankivsk : Fakel Publ., 342 p. (in Ukrainian)

9. Tymoshenko O.A. and Savitskyi M.V. *Analiz ta charakteristika osnovnih faktoriv, yaki vplivayut' na ekologichnu bezpeku primischen' zhitlovih budivel'* [Analysis and characterization of the main factors influencing the environmental safety of residential buildings]. *Visnyk PDABA* [Bulletin of PSACEA]. 2015, no. 1, pp. 18–27. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 21.10.2020.

УДК 796.011.3:37.018.43(614-253.4)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.139.709

ВПЛИВ ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ ІЗ ФІТНЕСУ В ПЕРІОД КАРАНТИНУ НА ФІЗИЧНИЙ СТАН СТУДЕНТОК ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

СОЛОГУБОВА С. В.^{1*}, канд. фіз. вих.,
ШИЯН В. М.², канд. фіз. вих., доц.,
ЛАХНО О. Г.³, канд. фіз. вих., доц.,
ШВЕЦЬ І. А.⁴, ст. виклад.,
ГІРКІНА Д. Д.⁵, студ.

^{1*} Кафедра фізичного виховання та спорту, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 782-90-69, e-mail: sologubovasv@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0374-1686

² Кафедра фізичного виховання та спорту, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 408-26-17, e-mail: dimashvn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9438-3270

³ Кафедра фізичного виховання та спорту, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 519-27-65, e-mail: el.lahno84@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1290-6873

⁴ Кафедра архітектурного проектування і містобудування, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 442-01-31, e-mail: irynashvets19@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6988-3540

⁵ Архітектурний факультет, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел.: +38 (095) 684-70-17, e-mail: glrk1na89@gmail.com

Анотація. *Актуальність дослідження* засобів, що сприяють збереженню та поліпшенню фізичного стану студентів ДВНЗ ПДАБА під час карантину в період пандемії в умовах дистанційного навчання, зумовлена негативним впливом тимчасового обмеження рухової діяльності під час самоізоляції на фізичний стан студентів та імовірністю подовження карантину на наступний навчальний рік. **Мета роботи:** дослідити вплив дистанційних занять із фітнесу на фізичний стан студенток ПДАБА в період тимчасового обмеження рухової діяльності у березні – травні 2020 року під час карантину, пов'язаного з пандемією COVID-19. **Завдання:** вивчити та узагальнити знання та досвід із проблеми тимчасового обмеження рухової діяльності; розробити комплекс практичних дистанційних занять, спрямований на профілактику погіршення фізичного стану у зв'язку з тимчасовим обмеженням рухової діяльності у період карантину та визначити його ефективність. **Висновки.** Проведене дослідження показало, що обмеження рухової діяльності студентів упродовж тривалого часу становить ризик негативних змін їх фізичного стану; виявило потребу у психологічній підтримці студентів під час карантину та необхідність організації додаткових позанавчальних заходів для спілкування між студентами; статистично підтвердило ефективність застосування дистанційних online-тренувань із фітнесу для студенток академії, спрямованих на профілактику погіршення фізичного стану в період тимчасового обмеження рухової діяльності весною 2020 року під час карантину, пов'язаного з пандемією; виявило перевагу використання Інтернет-сервісів із можливістю online-спілкування перед іншими формами дистанційного навчання та необхідність застосування під час дистанційного навчання гнучких вимог до індивідуальних технічних можливостей кожного студента. Незважаючи на те, що організація дистанційного навчального процесу з дисципліни «фізичне виховання» має свої особливості та складності, його використання під час карантину необхідне та цілковито виправдане.

Ключові слова: обмеження рухової діяльності; карантин; фітнес; студенти; фізичний стан

ВЛИЯНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИТНЕСУ В ПЕРИОД КАРАНТИНА НА ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СТУДЕНТОК ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

СОЛОГУБОВА С. В.^{1*}, канд. физ. восп.,
ШИЯН В. М.², канд. физ. восп., доц.,
ЛАХНО Е. Г.³, канд. физ. восп., доц.,
ШВЕЦ И. А.⁴, ст. препод.,
ГИРКИНА Д. Д.⁵, студ.

^{1*} Кафедра физического воспитания и спорта, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (066) 782-90-69, e-mail: sologubovasv@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0374-1686

² Кафедра физического воспитания и спорта, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (095) 408-26-17, e-mail: dimashvn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9438-3270

³ Кафедра физического воспитания и спорта, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (066) 519-27-65, e-mail: el.lahno84@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1290-6873

⁴ Кафедра архитектурного проектирования и градостроительства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (095) 4420131, e-mail: irynashvets19@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6988-3540

⁵ Архитектурный факультет, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел.: +38 (095) 684-70-17, e-mail: g1rk1na89@gmail.com

Аннотация. *Актуальность исследования* средств, способствующих сохранению и улучшению физического состояния студентов ГВУЗ ПГАСА во время карантина в период пандемии в условиях дистанционного обучения, обусловлена негативным влиянием временного ограничения двигательной деятельности при самоизоляции на физическое состояние студентов и вероятностью продления карантина на следующий учебный год. **Цель работы:** исследовать влияние дистанционных занятий по фитнесу на физическое состояние студенток ПГАСА в период временного ограничения двигательной деятельности в марте – мае 2020 года во время карантина, связанного с пандемией COVID-19. **Задачи:** изучить и обобщить знания и опыт по проблеме временного ограничения двигательной деятельности; разработать комплекс практических дистанционных занятий, направленный на профилактику ухудшения физического состояния в связи с временным ограничением двигательной деятельности в период карантина и определить его эффективность. **Выводы.** Проведенное исследование показало, что ограничение двигательной деятельности студентов в течение длительного времени представляет риск негативных изменений их физического состояния; выявило потребность в психологической поддержке студентов во время карантина и необходимость организации дополнительных внеучебных мероприятий для общения между студентами; статистически подтвердило эффективность применения дистанционных online-тренировок по фитнесу для студенток академии, направленных на профилактику ухудшения физического состояния в период временного ограничения двигательной деятельности весной 2020 года во время карантина, связанного с пандемией; выявило преимущество использования интернет-сервисов с возможностью online-общения перед другими формами дистанционного обучения и необходимость применения при дистанционном обучении гибких требований к индивидуальным техническим возможностям каждого студента. Несмотря на то, что организация дистанционного учебного процесса по дисциплине «физическое воспитание» имеет свои особенности и сложности, его использование во время карантина необходимо и полностью оправданно.

Ключевые слова: ограничение двигательной деятельности; карантин; фитнес; студенты; физическое состояние

THE IMPACT OF DISTANCE FITNESS CLASSES DURING THE QUARANTINE PERIOD ON THE PHYSICAL CONDITION

OF STUDENTS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF TECHNICAL PROFILE

SOLOHUBOVA S.V.^{1*}, *Cand. Sc. (Phys. Ed.)*,
SHYYAN V.M.², *Cand. Sc. (Phys. Ed.), Assoc. Prof.*,
LAKHNO O.G.³, *Cand. Sc. (Phys. Ed.), Assoc. Prof.*,
SHVETS I.A.⁴, *Assist. Prof.*,
HIRKINA D.D.⁵, *Stud.*

^{1*} Department of Physical Education and Sports, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (066) 782-90-69, e-mail: sologubovasy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0374-1686

² Department of Physical Education and Sports, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 408-26-17, e-mail: dimashvn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9438-3270

³ Department of Physical Education and Sports, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (066) 519-27-65, e-mail: el.lahno84@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1290-6873

⁴ Department architectural design and urban planning, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 442-01-31, e-mail: irynashvets19@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6988-3540

⁵ Faculty of Architecture, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 684-70-17, e-mail: g1rk1na89@gmail.com

Abstract. *The relevance of the study* of means to maintain and improve the physical condition of students SHEI during the quarantine during the pandemic in distance learning due to the negative impact of temporary restriction of physical activity during self-isolation on the physical condition of students and the likelihood of quarantine for the next school year. **Purpose:** to investigate the impact of distance fitness classes on the physical condition of students of PDABA during the temporary restriction of physical activity in March-May 2020 during the quarantine associated with the pandemic COVID-19. **Tasks:** To study and generalize knowledge and experience on the problem of temporary restriction of motor activity; to develop a set of practical remote classes aimed at preventing the deterioration of physical condition in connection with the temporary restriction of physical activity during the quarantine period and to determine its effectiveness. **Conclusions.** The study showed that limiting the motor activity of students for a long time poses a risk of negative changes in their physical condition; identified the need for psychological support of students during quarantine and the need to organize additional extracurricular activities for communication between students; statistically confirmed the effectiveness of remote online fitness training for students of PDABA, aimed at preventing deterioration of physical condition during the period of temporary restriction of physical activity in the spring of 2020 during the quarantine associated with the pandemic; revealed the advantage of using Internet services with the possibility of online communication over other forms of distance learning and the need to use during distance learning flexible requirements for the individual technical capabilities of each student. Despite the fact that the organization of distance learning process in the discipline of "physical education" has its own features and complexities, its use during quarantine associated with a pandemic is necessary and justified.

Keywords: *restriction of motor activity; quarantine; fitness; students; physical condition*

Постановка проблеми. Останнім часом спостерігається тенденція до різкого зниження рівня фізичного стану молоді як в Україні, так і в цілому світі [2]. Погіршують ситуацію епідемічно-несприятливі умови, пов'язані з пандемією COVID-19. Швидке розповсюдження захворюваності серед населення земної кулі зумовило введення жорсткого карантину керівництвом майже всіх держав світу. У зв'язку з карантинном, відповідно до виконання рішення КМУ (від 11.03.2020) та листа МОН України №1/9-154 (від 11.03.2020), з 12.03.2020 року ЗВО

України перейшли на дистанційне навчання. Таким чином, дослідження засобів, що сприяють збереженню та поліпшенню фізичного стану студентів під час карантину в період пандемії в умовах дистанційного навчання, зумовлене негативним впливом тимчасового обмеження рухової діяльності на фізичний стан студентів та імовірністю подовження карантину на наступний навчальний рік, становить актуальну проблему сьогодення.

Аналіз публікацій. Під дистанційним навчанням розуміють навчальний процес,

коли всі або частина занять відбуваються в умовах територіальної віддаленості викладача від студентів із використанням сучасних інформаційних і телекомунікаційних технологій [1]. Відповідно до наказу МОН України № 40 (від 21.01.2004 року), основні види навчальних занять під час дистанційного навчання у ЗВО такі: самостійне вивчення навчального матеріалу, лекція, консультація, семінар, дискусія та практичне або лабораторне заняття [3].

Підтримка та поліпшення фізичного стану студентів – одне з головних завдань дисципліни «фізичне виховання». З метою зміцнення фізичного стану застосовують кондиційні тренування, під час яких використовують навантаження, що не перевищує функціональні можливості організму [5, с. 216].

В основі тренувань, спрямованих на поліпшення фізичного стану людини, лежать механізми адаптації до фізичного навантаження. Припинення тренування або недостатнє навантаження, яке не в змозі забезпечити підтримку досягнутого рівня пристосувальних змін, спричинюють дезадаптацію, що пов'язано зі здатністю організму усувати структури, які не використовуються, і це дає можливість використовувати структурні ресурси в інших системах організму [4, с. 149].

Незважаючи на те, що процес дезадаптації відбувається різночасно відносно перебудови різноманітних функціональних систем, після повного припинення фізичного навантаження аеробні можливості організму (а також пов'язана з ними витривалість) можуть бути повністю втрачені впродовж 6...8 тижнів детренувального циклу [6].

Із метою досягнення оздоровчого ефекту рекомендується підтримувати помірні фізичні навантаження і не прагнути інтенсифікації розвитку фізичних якостей, що буде сприяти більш довгому підтриманню структурних основ адаптації.

У зв'язку з пандемією COVID-19, майже всю весну людство провело в стані самоізоляції у своїх домівках. Відповідно до нормативних актів, під заборону було не

тільки відвідування спортивних залів та навчальних закладів, а й перебування людей на відкритих спортивних майданчиках, у парках або взагалі на вулиці. За даними науковців, дефіцит фізичної активності являє собою другий, після тютюнопаління, фактор ризику розвитку хвороб у розвинених країнах. Таким чином, обмеження рухових дій чинить негативний вплив на фізичний та психоемоційний стан людини.

Мета роботи: дослідити вплив дистанційних занять із фітнесу на фізичний стан студенток ДВНЗ ПДАБА в період тимчасового обмеження рухової діяльності в березні – травні 2020 року під час карантину, пов'язаного з пандемією COVID-19.

Завдання:

1. Вивчити та узагальнити знання та досвід із проблеми тимчасового обмеження рухової діяльності.

2. Розробити комплекс практичних дистанційних занять, спрямований на профілактику погіршення фізичного стану у зв'язку з тимчасовим обмеженням рухової діяльності в період карантину.

3. Визначити вплив розробленого комплексу дистанційних занять на фізичний стан студенток будівельної академії.

Методи: теоретичний аналіз і узагальнення даних спеціальної науково-методичної літератури, опитування, педагогічне тестування, антропометричні методи дослідження, функціональні методи дослідження кардіореспіраторної системи та методи математичної статистики.

Серед антропометричних показників досліджувались довжина, маса та охопні розміри тіла. **Фізичний розвиток** студентів оцінювали за допомогою методу індексів. У дослідженні використано: *індекс маси тіла* (ІМТ) та *індекси пропорційності* окремих ділянок тіла (грудної клітки, талії, таза, стегна, гомілки і плеча).

ІМТ застосовується для оцінювання ступеня відповідності маси тіла зросту людини і розраховується за формулою (1):

$$IMT\left(\frac{кг}{м^2}\right) = \frac{m(кг)}{L^2(м^2)}; \quad (1),$$

де m – маса тіла; L – довжина тіла.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, шкала показників ІМТ має таку інтерпретацію: нормальна маса тіла відповідає ІМТ 18,5-24,99; недостатня – 16...18,4; надлишкова – 25...30; ІМТ більше 30 свідчить про стан ожиріння.

Для характеристики форми тіла студенток було проведено *вимірювання охопних розмірів* – грудної клітки, талії, таза, стегна, гомілки і плеча за допомогою кравецької сантиметрової стрічки з точністю до 0,5 см. Гармонійність форми тіла оцінювали методом підрахування *індексу пропорційності (ІП)* шляхом ділення величини охопних розмірів різних частин тіла (см) на довжину тіла (см).

Для оцінювання фізичної підготовленості використано тести, що входили до щорічного оцінювання фізичної підготовленості населення України для даної вікової групи, які можна було виконувати в закритому приміщенні: *згинання і розгинання рук в упорі лежачи та нахил тулуба вперед з положення сидячи*. Для визначення силової витривалості м'язів тулуба використано вправи «човник» та «планка».

Здатність до підтримки статичної рівноваги визначали за стандартною пробою: стійка на одній нозі, підошва другої ноги торкається коліна опорної, руки вперед, очі заплющені. У тренуваних дівчат час підтримання рівноваги збільшується у міру поліпшення функціонального стану нервово-м'язової системи.

Для оцінювання функціонального стану студенток використовували такі показники кардіореспіраторної системи, як *частота серцевих скорочень (ЧСС)* та *частота дихання (ЧД)*, що були виміряні у стані спокою за стандартними методиками. Нормативний інтервал для показника ЧСС спокою встановлює: 60...80 уд./хв; ЧД спокою – 16...18 дих. актив / хв.

Для визначення стійкості організму до гіпоксії використовуються тести, що базуються на затримці дихання: *проби Штанге* (затримка дихання на вдиху) та *Генча* (затримка дихання на видиху), які виконуються за стандартною методикою.

Проба Руф'є, що виконується за стандартною методикою, спрямована на оцінювання роботоздатності серця під час фізичного навантаження. Індекс Руф'є розраховується за формулою (2):

$$\text{Індекс Руф'є} = (4 \cdot (P1 + P2 + P3) - 200) / 10. \quad (2)$$

Результати оцінювали за величиною індексу Руф'є: менше 3 – висока роботоздатність; 4...6 – добра; 7...9 – середня; 10...14 – задовільна; і вище 15 – погана.

Основу дослідження склало порівняння показників фізичного стану студенток ДВНЗ ПДАБА до карантину (кінець лютого 2020 року) та напередодні закінчення навчального року (в кінці травня 2020).

Вихідні дані: $x1i$ – результати студенток до карантину (кінець лютого 2020 року); $x2i$ – результати в кінці травня 2020; n – число випробуваних.

Порядок виконання розрахунків:

1. Обчислити середнє арифметичне показників за формулою (3):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

2. Обчислити середнє квадратичне відхилення за формулою (4):

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

3. Знайти величину стандартної помилки середнього арифметичного значення за формулою (5):

$$S = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n - 1}} \quad (5)$$

4. Розрахувати коефіцієнт варіації за формулою (6):

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \% \quad (6)$$

5. Для статистичної перевірки гіпотези про достовірність розбіжностей застосовувався t -критерій Стьюдента для зв'язаних вибірок у випадку рівного обсягу вибірки та не однакових числових дисперсій (формула 7):

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \times \sqrt{n} \quad (7)$$

Далі визначали число степенів вільності: $\gamma = n1 + n2 - 2$. Користаючись таблицею, по заданій величині tr і розрахованому значенню γ , знаходили значення t -критерію Стьюдента. Потім порівнювали значення t розраховане і t критерію. Якщо $t_{розр.} \geq t_{кр.}$, то розбіжність достовірна, а якщо $t_{розр.} < t_{кр.}$, то недостовірна. При достовірності за основу був прийнятий 5 % рівень значущості p .

Окрім того, під час дослідження проведено анонімне опитування студентів за допомогою додатка Forms в office 365:

1. Опитування передбачає правдиві відповіді, згодні?

Так/ні

2. Охарактеризуйте свою рухову активність під час карантину:

- не мали можливості виконувати фізичні вправи;

- займалися епізодично;

- регулярно займалися фізичними вправами 2...3 рази на тиждень.

3. Чи хворіли Ви за цей період, чим саме і скільки часу тривало захворювання або загострення хронічного захворювання?

« _____ »

4. Ваш режим дня на момент «зараз»

- як завжди в будній день;

- як завжди у вихідний;

- я не дотримуюсь режиму дня.

5. Під час карантину Ви:

- майже не виходите з дому;

- виходите до найближчого магазину;

- намагаєтесь, по можливості, виходити на вулицю, уникаючи людних місць;

- ведете звичайне життя, ніби нічого не відбувається.

6 (7). Охарактеризуйте своє фізичне (психоемоційне) самопочуття на момент «зараз»:

- дуже погане;

- погане;

- середнє;

- хороше;

- дуже хороше.

8. Чого, на Ваш погляд, Вам не вистачає більш за все? « _____ »

Результати дослідження

За результатами анонімного опитування, наданими додатком Forms (office 365), у якому взяли участь 256 студентів I курсу ДВНЗ ПДАБА:

- 17 % опитаних студентів не мали можливості займатися фізичними вправами, 33 % – займалися епізодично, а 50 % – регулярно займалися фізичними вправами 2...3 рази на тиждень;

- 13 % опитаних хворіли респіраторними захворюваннями протягом 1...2 тижні і лише один студент хворів на коронавірус (за результатами опитування станом на кінець квітня 2020 року);

- 37 % опитаних студентів дотримувались режиму дня, як у будній день, 29 % – як у вихідний, і 34 % – взагалі не дотримувались режиму дня;

- у період самоізоляції 23 % опитаних студентів майже не виходили з дому, 31 % – виходили до найближчого магазину, 37 % – виходили з дому, уникаючи людних місць, а 9 % – вели звичайне життя;

- результати самооцінки фізичного та психоемоційного стану під час карантину наведено на рисунку, з якого видно, що студенти оцінили свій фізичний стан вище ніж психоемоційний.

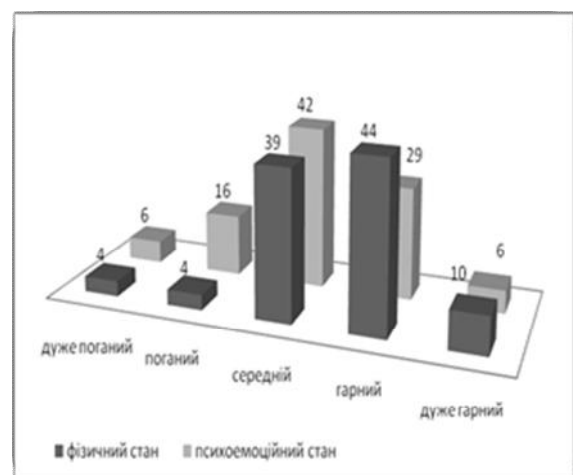


Рис. Результати самооцінки фізичного та психоемоційного стану під час карантину (%)

Серед основних причин, що викликають невдоволення життям у період самоізоляції, 25 % опитаних студентів вказали відсутність «живого» спілкування з друзями, а 25 % –

відсутність прогулянок на свіжому повітрі. 11 % студентів нудьгували за «звичайним життям», 7 % – бажали грошей (половина з них не мали коштів на технічні пристрої для забезпечення дистанційного навчання), а 6 % студентів не вистачало звичайних занять в аудиторії з викладачем в академії.

Близько 4 % студентів вказали як причини: відсутність можливості займатися фізичними вправами у спортзалі та відсутність почуття «безпеки». Серед причин, які набрали менше 3 % голосів, були: недостатність мотивації, сну, часу, відпочинку або режиму; 2 % опитаних вказали як причини втрату сенсу навчання або навіть життя в цілому і лише 1 % відповіли, що вони повністю вдоволені життям.

Проведене дослідження виявило потребу у психологічній підтримці студентів під час карантину та необхідність організації додаткових позанавчальних заходів для спілкування між молодими людьми. Відсутність гнучких вимог до індивідуальних технічних можливостей кожного студента також негативно відбивається на психоемоційному стані студентів. Окрім того, їм складно сприймати навчання без спілкування з викладачем та одногрупниками, що визначає перевагу Інтернет-ресурсів із можливістю online-спілкування перед іншими формами дистанційного навчання.

Зазвичай оптимальний руховий режим студентів досягається шляхом виконання фізичних вправ на заняттях із дисципліни «фізичне виховання» або під час інших занять фізичною культурою та спортом, прогулянок, пересувань, а також рухів у процесі виконання роботи або в побуті. Під час карантину, пов'язаного з пандемією, особливо в період самоізоляції вдома, через заборону фізкультурно-оздоровчих заходів та обмеження можливості вільно пересуватися, людина втрачає можливість підтримувати оптимальний руховий режим, необхідний для збереження та поліпшення гарного фізичного стану.

Для зменшення негативного впливу тимчасового обмеження рухової діяльності під час самоізоляції в період карантину в

рамках дистанційного навчання з дисципліни «фізичне виховання» запропоновано практичні та теоретичні заняття з фітнесу впродовж 10 тижнів. На думку науковців, цього часу цілком достатньо як для дезадаптації та погіршення фізичного стану, так і для дослідження ефективності кондиційних тренувань [3, с. 217].

В експерименті взяли участь студентки I курсу віком 17...18 років, які на початку навчального року пройшли медогляд та отримали від лікаря дозвіл до занять із дисципліни «фізичне виховання». Усі студентки дали згоду на обробку отриманих даних. Як констатувальний експеримент використано дослідження, проведене в кінці лютого 2020 року на базі ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» в рамках комплексного оцінювання фізичного стану студенток I–II курсу (досліджено показники фізичного розвитку, фізичної підготовленості, функціонального стану та роботоздатності).

Під час експерименту двічі на тиждень по 40 хвилин студентки займалися дистанційно з викладачем за допомогою online-сервісу «ZOOM Cloud Meetings» (одне заняття було спрямоване на розвиток силових здатностей різних груп м'язів, а друге включало вправи на розвиток гнучкості, бодіфлекс, оздоровчі практики та вправи, спрямовані на профілактику застійних явищ під час обмеження рухової діяльності). На третьому занятті студентки займалися за розробленим ними комплексом, спрямованим на виконання індивідуальних завдань та досягнення особистої мети. Окрім того, використовувались дистанційні лекції та тематичні дискусії відповідно до змісту теоретичного розділу дисципліни «фізичне виховання» на теми, спрямовані на формування знань та навичок підтримки здорового способу життя.

Порівняння показників фізичного стану студенток на початку та в кінці експерименту виявило статистично значущий приріст показників: проби Штанге (результат використання засобів

«бодіфлекс» під час дистанційних занять) та тесту на рівновагу, що свідчить про поліпшення функціонального стану нервово-м'язової системи (табл.). Інші показники фізичного стану студенток на початку та в кінці експерименту не мали статистично значущої різниці ($p < 0,05$), що свідчить про ефективність застосування практичних дистанційних занять з фітнесу з

метою підтримки фізичного стану студенток ДВНЗ ПДАБА під час карантину в період пандемії. Окрім того, про ефективність тренувального процесу свідчить поліпшення роботоздатності студенток на 14 % (за індексом Руф'є), гнучкості на 8 % (за показником нахилу вперед сидячи) та зменшення ЧСС спокою на 6 % порівняно з даними до карантину.

Таблиця

Порівняння показників фізичного стану студенток ДВНЗ ПДАБА ($n = 38$)

Тестові вправи:	До експерименту				Після експерименту				Порівн. <i>t розр.</i>
	\bar{X}_1	<i>s</i>	\bar{b}	<i>V</i>	\bar{X}_2	<i>s</i>	\bar{b}	<i>V</i>	
ЧСС спокою	81.21	2.38	14.50	17.85	76.37	1.50	9.10	11.92	1.74*
ЧД спокою	17.63	0.71	4.35	24.65	16.79	0.78	4.77	28.42	0.80*
Проба Штанге, с	44.24	2.06	12.50	28.27	53.53	2.47	15.01	28.05	2.93**
Проба Генча, с	27.05	1.71	10.38	38.39	30.11	1.39	8.49	28.18	1.40*
Ін. Руф'є, ум.од.	14.04	0.90	5.47	38.98	12.03	0.75	4.54	37.74	1.74*
Вправа "планка", с	113.16	10.82	65.79	58.14	110.05	11.63	70.76	64.30	0.20*
Вправа "човник", с	104.21	6.79	41.33	39.66	101.42	9.76	59.46	58.63	0.24*
Нахил тулуба вперед із положення сидячи, см	17.87	1.04	6.32	35.35	19.29	1.12	6.80	35.25	0.95*
Згинання і розгинання рук в упорі лежачи, р.	10.87	1.13	7.23	66.53	10.81	1.22	7.40	68.42	0.03*
Тест на рівновагу, с	79.74	13.88	84.40	105.85	142.34	22.78	138.54	97.33	2.38**
Маса тіла, кг	58.74	1.60	9.73	16.56	58.27	1.61	9.79	16.80	0.21*
ІМТ, ум.од.	21.18	0.51	3.11	14.67	21.02	0.53	3.21	15.25	0.22*
ІІ ГК, ум.од.	0.50	0.005	0.03	6.74	0.51	0.006	0.04	7.74	1.23*
ІІ талії, ум.од.	0.41	0.006	0.04	10.15	0.41	0.008	0.05	12.34	0.72*
ІІ таза, ум.од.	0.59	0.007	0.04	7.43	0.58	0.008	0.05	8.40	1.04*
ІІ стегна, ум.од.	0.35	0.005	0.03	9.08	0.34	0.006	0.04	10.36	1.06*
ІІ гомілки, ум.од.	0.22	0.003	0.02	7.57	0.21	0.003	0.02	9.04	1.93*
ІІ плеча, ум.од.	0.16	0.003	0.02	11.57	0.17	0.003	0.02	12.80	0.84*

Примітка: * – різниця не вірогідна, ** – різниця вірогідна: $t_{розр} \geq 1,99$ ($p < 0,05$).

Висновки. Проведене дослідження показало, що обмеження рухової діяльності студентів упродовж тривалого часу становить ризик негативних змін їх фізичного стану; виявило потребу в психологічній підтримці студентів під час карантину та необхідність організації додаткових позанавчальних заходів для спілкування між ними; статистично підтвердило ефективність застосування online-тренувань із фітнесу для студенток ДВНЗ ПДАБА, спрямованих на профілактику погіршення фізичного стану в період тимчасового обмеження рухової діяльності весною 2020 року під час

карантину, пов'язаного з пандемією; виявило перевагу використання Інтернет-сервісів із можливістю online-спілкування над іншими формами дистанційного навчання та необхідність застосування під час дистанційного навчання гнучких вимог до індивідуальних технічних можливостей кожного студента.

Незважаючи на те, що організація дистанційного навчального процесу з дисципліни «фізичне виховання» має свої особливості та складності, його використання під час карантину, пов'язаного з пандемією, необхідне та цілковито виправдане.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заболоцький А. Ю. Сучасний стан дистанційного навчання у ВНЗ України. *Вісник Дніпропетровського університету ім. Альфреда Нобеля. Серія: Педагогіка і психологія.* 2016. № 2. С. 19–23.

2. Сологубова С. В., Шиян В. М., Лахно О. Г., Челноков О. В., Молчанов Є. В. Порівняльний аналіз показників морфофункціонального стану та фізичної підготовленості студентів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 3 (264–265). С. 89–99.
3. Про затвердження Положення про дистанційне навчання : наказ МОН України від 21 січня 2004 року № 40. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13> (дата звернення: 23.03.2020).
4. Теория и методика физического воспитания : в 2 т. Киев : Олимпийская литература, 2003. Т. 1 : Общие основы теории и методики физического воспитания. Под ред. Т. Ю. Круцевич. 424 с.
5. Теория и методика физического воспитания : в 2 т. Киев : Олимпийская литература, 2003. Т. 2 : Методика физического воспитания различных групп населения. Под ред. Т. Ю. Круцевич. 382 с.
6. Уилмор Д., Костилл Д. Физиология спорта : пер. с англ. Киев : Олимпийская литература, 2001. 504 с.

REFERENCES

1. Zabolotskyi A.Yu. *Suchasnyi stan dystantsiinoho navchannia u VNZ Ukrainy* [The current state of distance learning in Ukrainian universities] *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu imeni Alfreda Nobelia. Seriya: Pedagogika i psykholohiia* [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Alfred Nobel. Series: Pedagogy and psychology]. 2016. no. 2. pp. 19–23. (in Ukrainian)
2. Solohubova S.V., Shyian V.M., Lakhno O.H., Chelnokov O.V. and Molchanov Ye.V. *Porivnialnyi analiz pokaznykiv morfofunktsionalnoho stanu ta fizychnoi pidhotovlenosti studentiv* [Comparative analysis of indicators of morphofunctional state and physical fitness of students]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2020, no. 3 (264–265), pp. 89–99. (in Ukrainian)
3. *Pro zatverdzhennia Polozhennia pro dystantsiine navchannia* [On approval of the Regulations on distance learning]. Nakaz MON Ukrainy vid 21 sichnia 2004 roku no. 40. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13> (data zvernennia: 23.03.2020). (in Ukrainian)
4. *Teoryia y metodyka fizycheskoho vospytanyia* [Theory and methods of physical education]. In 2 vol.: *Olympyiskaia lyteratura* [Olympic literature]. 2003. Vol. 1: *Obshchye osnovy teoryy y metodyky fizycheskoho vospytanyia* [General foundations of the theory and methods of physical education]. By edition T.Yu. Krutsevych. 424 p. (in Russian)
5. *Teoryia y metodyka fizycheskoho vospytanyia* [Theory and methods of physical education]. In 2 vol.: *lympyiskaia lyteratura* [Olympic literature]. 2003. Vol. 2 : *Metodyka fizycheskoho vospytanyia razlychnykh hrupp naseleniia* [Methods of physical education of various groups of the population]. By edition T.Yu. Krutsevych. 382 p. (in Russian)
6. Uylmor D. and Kostyll D. *Fyzyolohiia sporta* [Physiology of sports]. *Olympyiskaia lyteratura* [Olympic literature]. Kiyv, 2001, 504 p. (in Russian)

Надійшла до редакції: 27.10.2020.

УДК 624.012

DOI : 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.148.710

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ, ВИПРОБУВАННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ ДСНС УКРАЇНИ

ШАЛОМОВ В. А.¹, канд. техн. наук, доц.,
СТРЕЖЕКУРОВ Е. Є.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
РАГІМОВ С. Ю.³, канд. техн. наук, доц.,
ПРИХОДЧЕНКО В. І.⁴, асист.

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

^{2*} Кафедра електротехнології та електромеханіки, Дніпровський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська 2, 51918, Кам'янське, Україна, тел. +38 (0569) 55-20-05, e-mail: strejkyrov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

³ Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-6468-1739

Анотація. *Постановка проблеми.* Наразі необхідне розроблення засобів контролю, випробування теплозахисних матеріалів, які використовуються для виготовлення засобів індивідуального захисту, як існуючих, так і на стадії створення нових. Теплозахисні матеріали для спеціального одягу повинні проходити випробування за номенклатурою показників якості. Ми розглянули найважливіші, пов'язані із впливом високоінтенсивного теплового випромінювання і високої температури. **Результати.** Запропоновано розв'язок наближеного значення області існування методу випробування. В основу методу покладено два способи. Попередній: у рамці затискається зразок для випробування і поблизу його поверхні проводиться електрозварювання. Краплі розплавленого металу потрапляють на поверхню зразка і залишають сліди у вигляді пропалів, прилиплих частинок. Досліджуються глибина пропалу, ступінь липкості тощо. Нині застосовується більш прогресивний метод – метод розплавлення зварювального електрода з дуттям на поверхню випробуваного матеріалу. Однак обидва способи дозволяють отримати розпечені краплі різних розмірів, різної ваги, різного спрямування щодо досліджуваного матеріалу і неконтрольованої температури нагріву розпеченої краплі, що не дозволяє отримати високу достовірність результатів дослідження. Ми пропонуємо пристрій, який дозволяє контролювати розмір краплі, кінетичну енергію удару, напрямок польоту і температуру розпеченої частинки. Це визначило напрямки роботи зі створення методики дослідження цих параметрів і, як впливає звідси, потребу створення установки, яка забезпечувала б сталість таких параметрів як маса, швидкість польоту, температура і траєкторія польоту нагрітих частинок металу з можливістю контрольованої зміни цих параметрів. Для визначення області існування критеріїв дослідження запропонованим методом необхідно розв'язати задачу з такими припущеннями: форма краплі металу взята у вигляді ідеальної кулі; розмір краплі взятий як середньо-статистичний; крапля підвішена на нетеплопровідній тонкій нитці у повітрі; рух повітря виключено; теплопередача за рахунок теплопровідності виключена з розрахунку; в розрахунок не врахований процес окиснення поверхні розжареної краплі й утворення окалини; не враховано час кристалізації металу. Процес впливу розпеченої металеві кульки на досліджуваний матеріал умовно поділений на три етапи: нагрів кульки до заданої температури і її контроль; політ кульки в повітряному середовищі з її подальшим охолодженням; удар кульки об поверхню зразка з передачею кінетичної і теплової енергії. Крім того, необхідно контролювати силу і задавати напрямки удару частинки відносно випробуваного матеріалу. Розрахунок процесів теплопередачі – складна математична задача, що включає розв'язання багатьох систем нелінійних рівнянь. Із використанням певних припущень приймаємо два механізми теплопереносу – молекулярний і конвективний. **Наукова новизна.** Пропонується новий метод випробування теплозахисних матеріалів що дозволяє доповнити існуючі та отримати більш достовірні результати. **Практична значимість.** Розроблено установку для дослідження теплозахисних матеріалів на іскростійкість.

Ключові слова: теплове випромінювання; робочі місця; термічні процеси; датчик теплового потоку; номограма; моделювання

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ, ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ ГСЧС УКРАИНЫ

ШАЛОМОВ В. А.¹, канд. техн. наук, доц.,
СТРЕЖЕКУРОВ Э. Е.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
РАГИМОВ С. Ю.³, канд. техн. наук, доц.,
ПРИХОДЧЕНКО В. И.⁴, ассист.

¹ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

^{2*} Кафедра электротехнологии и электромеханики, Дніпровский государственный технический университет, ул. Днепростроевская 2, 51918, Каменское, Украина, тел. +38 (0569) 55-20-05, e-mail: strejekyrov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

³ Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ, Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевская, 94, 61023, Харьков, Украина, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁴ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua ORCID ID: 0000-0001-6468-1739

Аннотация. Постановка проблемы. Возникла необходимость разработки средств контроля, испытания теплозащитных материалов, используемых для изготовления средств индивидуальной защиты, как существующих, так и на стадии создания новых. Теплозащитные материалы для специальной одежды должны проходить испытания по номенклатуре показателей качества. Нами были рассмотрены наиболее важные, связанные с влиянием высокоинтенсивного теплового излучения и высокой температуры. **Результаты.** Предложено решение приближенного значения области существования метода испытания. В основу метода положены два способа. Предварительный: в рамке зажимается образец для испытания и вблизи его поверхности производится электросварка. Капли расплавленного металла попадают на поверхность образца и оставляют следы в виде прожогов, прилипших частиц. Исследуются глубина прожога, степень прилипаемости и т. п. В настоящее время применяется более прогрессивный метод – метод расплавления сварочного электрода с дутьем на поверхность испытуемого материала. Однако оба способа позволяют получить раскаленные капли разных размеров, разного веса, разного направления по исследуемому материалу и неконтролируемой температуры нагрева раскаленной капли, но не позволяют получить высокую достоверность результатов исследования. Нами предложено устройство, которое позволяет контролировать размер капли, кинетическую энергию удара, направление полета и температуру раскаленной частицы. Все вышесказанное определило направление работы по созданию методики исследования этих параметров и, как следует отсюда, требование создания установки, которая обеспечивала бы устойчивость таких параметров как масса, скорость полета, температура и траектория полета нагретых частиц металла с возможностью контроля изменения этих параметров. Для определения области существования критериев исследования предлагаемым методом необходимо решить задачу со следующими допущениями: форма капли металла взята в виде идеального шара; размер капли взят как среднестатистический; капля подвешена на не теплопроводной тонкой нити в воздухе; движение воздуха исключено; теплопередача за счет теплопроводности исключена из расчета; в расчете не учтен процесс окисления поверхности раскаленной капли и образования окалины; не учтена кристаллизация металла. Процесс влияния раскаленного металлического шарика на исследуемый материал условно разделен на три этапа: нагрев шарика до заданной температуры и ее контроль; полет шарика в воздушной среде с его последующим охлаждением; удар шарика о поверхность образца с передачей кинетической и тепловой энергии. Кроме того, необходимо контролировать силу и задавать направление удара частицы относительно испытуемого материала. Расчет процессов теплопередачи является сложной математической задачей, включающей решение многих систем нелинейных уравнений. С использованием определенных допущений принимаем два механизма теплопереноса – молекулярный и конвективный. **Научная новизна.** Предложен новый метод испытания теплозащитных материалов позволяющий дополнить существующие и получить более достоверные результаты. **Практическая значимость.** Разработана установка исследования теплозащитных материалов на искростойкость.

Ключевые слова: *тепловое излучение; рабочие места; термические процессы; датчик теплового потока; номограмма; моделирование*

IN RELATION TO QUESTION OF DEVELOPMENT OF CONTROLS, TEST OF HEATCOVER MATERIALS, FOR DEFENCE OF WORKERS OF DSNS OF UKRAINE

SHALOMOV V.A.¹, *Cand. Sc.(Tech.), Assoc. Prof.*,
STREZHEKUROV Ye.E.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
RAGIMOV S.Yu.³, *Cand. Sc.(Tech), Assoc. Prof.*,
PRIKHODCHENKO V.I.⁴, *Ass.*

¹ Department of Life Safety, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

^{2*} Department of electrotechnology and electromechanics, Dnieper State Technical University, 2, Dniprobudivska Str., 51918, Kam'yanske, Ukraine, tel. +38 (0569) 55-20-05, e-mail: strejekyrov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

³ Department of Organization and technical support rescue operations, National University of Civil Defence of Ukraine, 94, Chernyshevsky Str., 61023, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁴ Department of Life Safety, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-6468-1739

Abstract. Purpose. Development of means of control, testing of heat-protective materials used for the manufacture of personal protective equipment, both existing and at the stage of creating new ones. **Method.** Heat-protective materials for special clothing must be tested according to the nomenclature of quality indicators. We have considered the most important, which are associated with the effects of high-intensity heat radiation and high temperature. **Results.** The solution of the approximate value of the area of existence of the test method is offered. The test method is based on two methods. Previous: the test specimen is clamped in the frame and electric welding is performed near its surface. Particles of molten metal fall on the surface of the sample and leave traces in the form of burns, sticky particles. The depth of burn, the degree of adhesion, etc. are investigated. Currently, a more advanced method is used - the method of melting the welding electrode by blowing on the surface of the test material. However, both methods allow to obtain hot drops of different sizes, different weights, different directions relative to the test material and uncontrolled heating temperature of the hot drop, which does not allow to obtain high reliability of the results of the study. We proposed to create a device that allows you to control the size of the drop, the kinetic energy of the impact, the direction of flight and the temperature of the hot particle. All the above determined the direction of work on creating a methodology for studying these parameters and, as follows, the requirement to create an installation that would ensure the stability of parameters such as mass, velocity, temperature and flight trajectory of heated metal particles with the possibility of controlled change of these parameters. All the above determined the direction of work on creating a methodology for studying these parameters and, as follows, the requirement to create an installation that would ensure the stability of parameters such as mass, velocity, temperature and flight trajectory of heated metal particles with the possibility of controlled change of these parameters. To determine the area of existence of the research criteria by the proposed method, it is necessary to solve the problem with the following assumptions: the shape of a drop of metal is taken in the form of an ideal sphere; the droplet size is taken as the average; the drop is suspended on a non-thermally conductive thin thread in the air; air movement is excluded; heat transfer due to thermal conductivity is excluded from the calculation; the calculation does not take into account the process of oxidation of the surface of the hot drop and the formation of scale; the crystallization time of the metal is not taken into account. The process of influence of the hot metal ball on the investigated material is conditionally divided into three stages: heating of the ball to the set temperature and its control; the flight of the ball in the air with its subsequent cooling; the impact of the ball on the surface of the sample with the transfer of kinetic and thermal energy. In addition, it is necessary to control the force and set the direction of impact of the particle relative to the test material. The calculation of heat transfer processes is a complex mathematical problem that involves solving many systems of nonlinear equations. Using certain assumptions, we accept two mechanisms of heat transfer - molecular and convective. **Scientific novelty.** For the first time, a new method is proposed that allows to supplement the existing and get more reliable results. **Practical meaningfulness.** The installation of research of heat-protective materials on spark resistance is developed.

Keywords: *thermal radiation; workplaces; thermal processes; heat flow sensor; nomogram; simulation*

Постановка проблеми. Найважливішим завданням щодо захисту працівників ДСНС України під час ліквідації стихійних лих у вигляді пожеж постає забезпечення їх засобами захисту. Засоби індивідуального

захисту найчастіше являють собою спеціальний одяг, взуття, здатні протистояти дії високої температури, тепловому опроміненню і впливу розжарених іскор [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На разі існують методи випробування матеріалів із полімерним покриттям для спеціального одягу, які стандартизовані:

– ГОСТ 12.4.058-84 Система стандартів безпеки праці. Матеріали з полімерним покриттям для спеціального одягу. Номенклатура показників якості ССБТ;

– ГОСТ 12.4.103-83 Система стандартів безпеки праці. Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук;

– ГОСТ Р 12.4.237-2007 (ISO 9150:1988) ССБТ. Одяг спеціальний. Методи випробування матеріалу за впливу бризок розплавленого металу.

Теплозахисні матеріали для спеціального одягу повинні проходити випробування за номенклатурою показників якості [1–2]. Ми розглянули найважливіші, пов'язані із впливом високоінтенсивного теплового випромінювання і високої температури.

Мета статті – опис розробки засобів контролю, випробування теплозахисних матеріалів для виготовлення засобів індивідуального захисту, як існуючих, так і на стадії створення нових.

Виклад матеріалу. Ми пропонуємо розв'язання наближеного значення області існування методу випробування, згідно із ГОСТ 12.4.058-84, п. 1.13. В основу методу випробування покладено два способи.

Попередній: у рамці затискається зразок для випробування і поблизу його поверхні проводиться електрозварювання. Частинки розплавленого металу потрапляють на поверхню зразка і залишають сліди у вигляді пропалів, прилиплих частинок. Досліджуються глибина пропалу, ступінь липкості тощо. Нині застосовується більш прогресивний метод – метод розплавлення зварювального електрода з дугтям на поверхню випробуваного матеріалу [3].

Однак обидва способи дозволяють отримати розпечені краплі різних розмірів, різної ваги, різного спрямування щодо досліджуваного матеріалу і неконтрольованої температури нагріву розпеченої краплі, що не дозволяє отримати високу достовірність результатів

дослідження. Ми пропонуємо пристрій, який дозволяє контролювати розмір краплі, кінетичну енергію удару, напрямок польоту і температуру розпеченої частинки.

Усе вищесказане визначило напрямок роботи зі створення методики дослідження цих параметрів і, як впливає звідси, потребу створення установки, яка забезпечувала б сталість таких параметрів як маса, швидкість польоту, температура і траєкторія польоту нагрітих частинок металу (сталевих кульок) з можливістю контрольованої зміни цих параметрів.

Для визначення області існування критеріїв дослідження пропонованим методом необхідно розв'язати задачу з такими припущеннями: форма краплі металу взята у вигляді ідеальної кулі; розмір краплі (радіус) узятий як середньостатистичний; крапля підвішена на нетеплопровідній тонкій нитці у повітрі; рух повітря виключено; теплопередача за рахунок теплопровідності виключена з розрахунку; в розрахунку не врахований процес окиснення поверхні розжареної краплі і утворення окалини (окисної плівки); не враховано час кристалізації металу; значення коефіцієнтів ϵ і α взяті наближено.

Процес впливу розпеченої металеві кульки на досліджуваний матеріал умовно поділений на три етапи: нагрів кульки до заданої температури і її контроль; політ кульки в повітряному середовищі з її подальшим охолодженням; удар кульки об поверхню зразка з передачею кінетичної і теплової енергії.

Крім того, необхідно контролювати силу і задавати напрямок удару частинки відносно випробуваного матеріалу. Розрахунок процесів теплопередачі – складна математична задача, що включає розв'язання багатьох систем нелінійних рівнянь.

Із використанням певних припущень, приймаємо два механізми теплопереносу – молекулярний і конвективний. Молекулярний механізм здійснюється за допомогою теплового руху мікрочастинок у середовищі з неоднорідним розподілом температури, тобто, якщо в досліджуваному середовищі (наприклад, у розпеченому тілі) немає градієнта температури за обсягом

середовища, такий механізм теплопередачі в даному випадку не має місця [5].

Конвективний механізм здійснюється в середовищі з неоднорідним розподілом швидкості і температури мікроскопічними елементами середовища при їх переміщенні.

Теплоперенос може бути в загальному випадку розрахований за формулою:

$$Q = \lambda_m \cdot \frac{T_G - T_X}{\delta} \cdot S \cdot \tau, \quad (1)$$

де Q – кількість тепла, яке передається через поверхню, Вт; T_G ; T_X – температура гарячої і холодної поверхонь, К; S – площа поверхні, м²; τ – час, ч; δ – товщина поверхні, м; λ_m – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К.

Якщо розглядати краплю металу у вигляді ідеальної кульки невеликого розміру та враховуючи, що коефіцієнт теплопровідності металу високий, можна вважати, що у всьому об'ємі краплі металу температура одна й та сама і дорівнює температурі поверхні. А оскільки перенесення тепла «способом теплопровідності» можливе лише за молекулярного механізму, обов'язкова умова якого – наявність неоднорідного теплового поля в середовищі (тілі), тобто за наявності градієнта температур, можна сказати, що для розв'язання даної окремої задачі цей вид теплопередачі із загального балансу може бути виключений.

Розв'язання задачі в разі спільного теплообміну «способами» конвекції і випромінювання можна подати у наступних двох варіантах розв'язання – приблизному і точному. Приблизний варіант необхідний для визначення меж області існування даного розв'язання. Для розв'язання вводиться поняття коефіцієнта тепловіддачі α , який дорівнює щільності теплового потоку на поверхні розділу, віднесеного до різниці температур між середовищем і поверхнею. Задаємося умовами для визначення математичної моделі охолодження розплавленої краплі металу в повітрі.

Форма краплі – ідеальна куля, радіус краплі – R , вага краплі – G , теплоємність

краплі – C , матеріал краплі – мідь, алюміній, сталь зі щільністю металу – ρ .

Розглянемо наближений розв'язок.

За рахунок випромінювання крапля (куля) втрачає енергію dQ за час dt :

$$dQ_u = 4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0 T_H^4 dt, \quad (2)$$

де $\varepsilon \approx 1$ – ступінь чорноти (коефіцієнт випромінювання) поверхні краплі; $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ (Вт/м²·°К⁴) – постійна Стефана – Больцмана.

Втрати конвективного теплообміну складуть:

$$dQ_k = 4\pi R^2 \alpha (T_H - T_B) dt, \quad (3)$$

де α – [Вт/м²·К⁴] коефіцієнт тепловіддачі між поверхнею краплі з температурою нагріву T_H і повітрям, який має в загальному випадку температуру T_B , тоді сумарна втрата енергії дорівнюватиме:

$$dQ = dQ_u + dQ_k = [4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0 T_H^4 dt + 4\pi R^2 \alpha (T_H - T_B) dt]. \quad (4)$$

Втрата енергії тягне за собою зміну температури краплі за відомим законом:

$$dQ = cG\alpha T_H. \quad (5)$$

Порівнюючи (5) і (4), отримаємо:

$$\alpha T_H = \frac{4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0}{cG} \left(T_H^4 + \frac{\alpha}{\varepsilon \sigma_0} T_H - \frac{\alpha}{\varepsilon \sigma_0} T_B \right) dt. \quad (6)$$

Після перетворення рівність матиме вигляд:

$$\frac{cG}{4\pi R^2 \alpha T_\infty} \cdot \left(\frac{1}{\frac{\varepsilon \sigma_0}{\alpha T_\infty} \cdot T_H^4 + \frac{1}{T_B \cdot T - 1}} \right) \cdot dT_H = dt. \quad (7)$$

Проінтегруємо цей вираз від t_H – початкової температури в момент часу $t = 0$ і до T_K – кінцевої температури, що досягається за час t_K . Введемо припущення і, нехтуючи одиницею в знаменнику, тоді, використовуючи табличний інтеграл, отримаємо:

$$\int \frac{dx}{x(a + bk^m)} = \frac{1}{a \cdot m} \cdot \ln \left| \frac{x^m}{a + bk^m} \right|. \quad (8)$$

Після перетворень отримуємо в кінцевому вигляді рівняння:

$$\frac{\bar{c} R \rho}{9\alpha} \cdot \ln \left| \frac{1 + \frac{\varepsilon \sigma_0}{T_K^3}}{1 + \frac{\varepsilon \cdot \sigma_0}{T_H^3}} \right| = \Delta t. \quad (9)$$

Необхідно враховувати, що у разі охолодження рідкої краплі до досягнення температури кристалізації за час $\Delta t_{кр}$ температура її залишається незмінною.

Цей час знайдемо з умови:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho \cdot \Delta H = [4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0 T^4 + 4\pi R^2 \alpha \cdot (T_{кр} - T_e)] \cdot \Delta t_{кр}, \quad (10)$$

$$\Delta t_{кр} = \frac{R \cdot \rho \cdot \Delta H}{3[\sigma_0 \varepsilon T_{кр}^4 + \alpha(T_{кр} - T_\infty)]} \text{сек},$$

де $T_{кр}$ – температура плавлення (кристалізації), К; ΔH – теплота плавлення металу, Дж/кг.

Таким чином, визначаючи час охолодження краплі від T_H до T_K , але не нижче, ніж температура кристалізації, слід використовувати вираз (9) і всі дані брати для рідкого металу. Для температури нижче температури кристалізації можна зробити припущення, що час кристалізації малий, і його можна не враховувати в сумарному часі охолодження [4].

Тепер розглянемо уточнене розв'язання. Рівняння (2) набуде вигляду:

$$dQ_k = 4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0 (T_H - T_B)^4 dt. \quad (11)$$

Рівняння (3) залишається в колишньому вигляді.

Рівняння (4) набуде вигляду:

$$dQ = [4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0 (T_H - T_B) + 4\pi R^2 \alpha (T_H - T_B)] dt. \quad (12)$$

Рівняння (5) не змінюється. Рівняння (6) набуде вигляду:

$$\alpha T_H = \frac{4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0}{\bar{c} G} [(T_H - T_B) +$$

$$+ \frac{\alpha}{\varepsilon \sigma_0} T_H - T_B] dt. \quad (13)$$

Після перетворення рівняння (13) отримаємо:

$$\frac{\bar{c} G}{4\pi R^2 \varepsilon \sigma_0} \cdot \left[\frac{1}{(T - T_\infty)^4 + (T - T_\infty) \cdot \frac{\alpha}{\varepsilon \sigma_0}} \right] \cdot dT = dt. \quad (14)$$

Проінтегруємо рівняння (14) і отримаємо в остаточній формі:

$$\Delta t = \frac{\bar{c} R \rho}{9\alpha} \cdot \ln \frac{1 + \frac{\varepsilon \sigma_0}{(T_b - T_e)^3} + \frac{\varepsilon \sigma_0}{\alpha}}{1 + \frac{\varepsilon \sigma_0}{(T - T_e)^3} + \frac{\varepsilon \sigma_0}{\alpha}}. \quad (15)$$

У результаті розв'яземо задачу на визначення часу Δt теплообміну за наступних початкових умов: матеріал краплі – мідь, $T_K = 1\,000$ К, радіус краплі – $3 \cdot 10^{-3}$ м, щільність міді $\rho = 8,92 \cdot 10^3$ кг/м³, теплоємність міді – $c = 385,5$ Дж/(кг·К), $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·К⁴, $\varepsilon = 0,5$, $\alpha = 17$ Вт/м²·К⁴.

Наведений вище розв'язок з відомими допущеннями дозволив визначитися в масштабі часу охолодження частинки розпеченого металу, дати технічне завдання на розроблення установки, що дозволяє обробляти зразки теплозахисних матеріалів частинками розпеченого металу, задаючись їх розмірами, температурою нагріву і швидкістю удару об зразок. Беручи швидкість польоту частинки металу 1 м/с, а відстань від точки нагріву і точки викиду до зразка в межах 150...200 мм, допускаємо зниження температури за рахунок конвективної тепловіддачі в межах $\pm 8\%$, що вписується в допустиму похибку $\pm 10\%$.

Проведено вимірювання температури декількох партій з 10 кульок, розміром 4 мм, які використовуються в установці при 11 значеннях фіксованого часу. Результати експериментального дослідження зведені в таблицю. З рисунка 1 і таблиці видно, що за високих температур нагріву кульки і за її охолодження до 500 °С розбіжність у розрахунку приблизним і точним методами перебуває в межах реального масштабу часу.

Таблиця

Результати цифрового розв'язання

$T_{ки}$ К	1000	900	800	700	600	500	400	300
Δt при бл. розрах., с	0	8,8	20,6	36,5	57,9	86,8	126	180

З урахуванням недоліків існуючих методів ми пропонуємо більш досконалий метод і установку для випробування теплозахисних матеріалів [4].

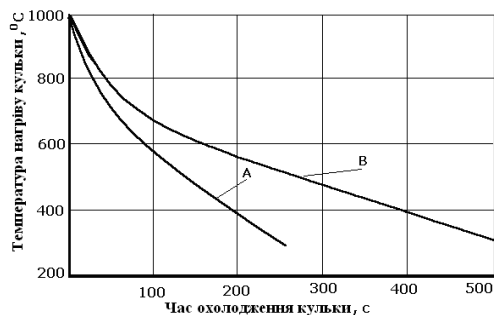


Рис. 1. Залежність часу охолодження кульки від температури її нагріву:

A – результати наближеного розрахунку,
B – результати точного розрахунку

На рисунку 2 наведено функціональну схему розробленого пристрою де рамка із затиснутим у ній зразком, пов'язана з механізмом її пересування, згідно з програмою зміни координат.

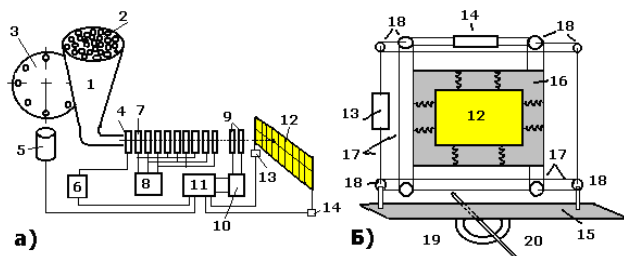
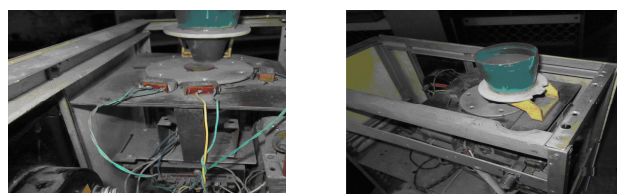


Рис. 2. Установка дослідження теплозахисних матеріалів на іскристійкість

Установка (рис. 3) складається з бункера-накопичувача 1 зі сталевими кульками 2, диска сепаратора 3, який приводиться в рух мотором 5, жолобів для подачі кульки в зону нагріву індуктора-

нагрівача 4, з гальмівним електромагнітом, штовхача з приводом від електромагнітного лінійного двигуна 7. Система керування і контролю процесу нагріву складається з радіаційного пірометра, вихід якого пов'язаний через реєстратор температури із задатчиком температури, вихід якого пов'язаний із входом блока керування 11, один із виходів якого пов'язаний з регулятором сили струму 6 індуктора 4, а інший вихід – із регулятором сили струму 8 в електромагнітному лінійному двигуні 7, з боку входного отвору якого розташовані датчики вимірювання швидкості 9, вихід яких підключений до реєстратора швидкості, а вихід його підключений до блока керування 11, із блоком живлення. Механізм переміщення зразка щодо лінійного двигуна і нагрівача має двигуни 13 і 14, розміщені на платформі 15.



а

б

Рис. 3. Механізм сортування (а) та виштовхування (б) металевих кульок

Рухомою рамка 16 зі зразком 12 кріпиться сталевими тросами 17, які рухаються по блоках 18. Платформа 15 має можливість повороту щодо траєкторії руху розпеченої кульки за допомогою планки 20 на осі обертання 19.

Висновок. Уперше пропонується новий метод контролю та випробування теплозахисних матеріалів, який дозволяє доповнити існуючі та отримати більш достовірні результати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аметистов Е. В. Основы теории теплообмена. Москва : МЭИ, 2011. 242 с.
2. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. Москва : Мир, 2005. 934 с.
3. Ragimov S., Sobyna V., Vambol S., Vambol V., Feshchenko A., Zakora A., Strejekurov E., Shalomov V. Physical modeling of changes in the energy impact on a worker taking into account high-temperature radiation. *International Scientific Journal. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Vol. 91/1. 2018. Pp. 27–33.
4. Беликов А. С., Рагимов С. Ю., Шаломов В. А. и др. Исследование термодинамической напряженности на рабочих местах при воздействии высоких температур : монография. Днепро : Литограф, 2016. 163 с.

5. Makino T., Kunitomo T., Sakai I. Thermal radiation properties of ceramic materials. Heat Transfer – Japanese Research. 2014. Vol. 13, № 74. Pp. 33–50.

REFERENCES

1. Ametistov E.V. *Osnovyi teorii teploobmena* [Bases of theory of heat exchange]. Moscow : MEI, 2011, 242 p. (in Russian)
2. Zigel' R. and Khauehll Dzh. *Teploobmen izlucheniem* [Heat exchange by a radiation]. Moscow : Mir Publ., 2005, 934 p. (in Russian)
3. Ragimov S., Sobyna V., Vambol S., Vambol V., Feshchenko A., Zakora A., Strejekurov E. and Shalomov V. Physical modeling of changes in the energy impact on a worker taking into account high-temperature radiation. International Scientific Journal / Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Vol. 91/1, 2018, pp. 27–33.
4. Belikov A.S., Ragimov S.Yu. and Shalomov V.A. *Issledovanie termodinamicheskoy napryazhennosti na rabochih mestah pri vozdeystvii vyisokih temperatur* [The study of thermodynamic tension in the workplace under the influence of high temperatures]. Dnipro : Litograf Publ., 2016, 163 p. (in Russian)
5. Makino T., Kunitomo T. and Sakai I. Thermal radiation properties of ceramic materials Heat Transfer – Japanese Research. 2014, vol. 13, no. 74, pp. 33–50.

Надійшла до редакції: 01.11.2020.

УДК 624.016

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.156.711

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕРЕВОЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДЕНОГО ПЕРЕРІЗУ

ШЕХОРКИНА С. Є., канд. техн. наук, доц.

Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 021-84-44, e-mail: S_VT@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7799-2250

Анотація. Постановка проблеми. Застосування дерев'яних конструкцій часто обмежується розмірами пиломатеріалів, недостатньою несучою здатністю і жорсткістю елементів. Для подолання цих обмежень в сучасному будівництві застосовуються гібридні конструкції, в яких раціонально використовуються матеріали з різними характеристиками. На сьогоднішній день існуючі методики не враховують особливості діаграм деформування матеріалів конструкції (деревини та залізобетону). **Мета статті** – вдосконалення методів розрахунку деревозалізобетонних конструкцій з урахуванням залежностей «напруження – деформації» матеріалів та ступеня спільної роботи. **Висновки.** Запропоновано чисельно-аналітичний метод оцінки напружено-деформованого стану деревозалізобетонної конструкції складеного перерізу з урахуванням діаграм деформування матеріалів і з'єднань, а також ступеня спільної роботи. Розглядається конструкція, що складається з двох компонентів (залізобетонної плити та дерев'яної балки), з'єднаних між собою елементами, які працюють на зсув (нагельми, болтами, шурупами, цвяхами). Вважається, що для розглянутого елемента справедлива гіпотеза Бернуллі; деформації розподілені по висоті перерізу по лінійній залежності, при цьому по лінії між компонентами конструкції виникає розрив, обумовлений взаємним зсувом; компоненти конструкції під навантаженням мають рівні прогини і кривизну осей, а з'єднувальні елементи рівномірно розташовані по довжині конструкції. Визначення внутрішніх деформацій і напружень в перерізі конструкції базується на умові рівноваги зовнішніх і внутрішніх зусиль в перерізі. Виконується розв'язок рівнянь для «абсолютно» сумісної роботи, а для врахування перерозподілу зусиль в перерізі внаслідок податливості з'єднань вводиться коефіцієнт спільної роботи. За отриманими значеннями поздовжніх деформацій та кривизни обчислюються деформації бетонного та дерев'яного елементів. За діаграмами деформування матеріалів визначаються нормальні напруження, після чого виконуються перевірки міцності відповідно до чинних нормативних документів.

Ключові слова: деревозалізобетонна конструкція; напружено-деформований стан; деревина; бетон; діаграма деформування

МЕТОД ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ СОСТАВНОГО СЕЧЕНИЯ

ШЕХОРКИНА С. Е., канд. техн. наук, доц.

Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (095) 021-84-44, e-mail: S_VT@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7799-2250

Аннотация. Постановка проблемы. Применение деревянных конструкций часто ограничивается размерами пиломатериалов, недостаточной несущей способностью и жесткостью элементов. Для преодоления этих ограничений в современном строительстве применяются гибридные конструкции, в которых рационально используются материалы с различными характеристиками. На сегодняшний день существующие методики не учитывают особенности диаграм деформирования материалов конструкции (древесины и железобетона). **Цель статьи** – совершенствование методов расчета деревожелезобетонных конструкций с учетом зависимостей «напряжение – деформации» материалов и степени совместной работы. **Выводы.** Предложен численно-аналитический метод оценки напряженно-деформированного состояния деревожелезобетонной конструкции составного сечения с учетом диаграм деформирования материалов и соединений, а также степени совместной работы. Рассматривается конструкция, состоящая из двух компонентов (железобетонной плиты и деревянной балки), соединенных между собой элементами, которые работают на сдвиг (нагельми, болтами, шурупами, гвоздями). Считается, что для рассматриваемого элемента справедлива гипотеза Бернулли; деформации распределены по высоте сечения по линейной зависимости, при этом по линии между компонентами конструкции

возникает разрыв, обусловленный взаимным смещением; компоненты конструкции под нагрузкой имеют равные прогибы и кривизну осей, а соединительные элементы равномерно расположены по длине конструкции. Определение внутренних деформаций и напряжений в сечении конструкции базируется на условии равновесия внешних и внутренних усилий в сечении. Выполняется решение уравнений для «абсолютно» совместной работы, а для учета перераспределения усилий в сечении вследствие податливости соединений вводится коэффициент совместной работы. По полученным значениям продольных деформаций и кривизны вычисляются деформации бетонного и деревянного элементов. По диаграммам деформирования материалов определяются нормальные напряжения, после чего выполняются проверки прочности в соответствии с действующими нормативными документами.

Ключевые слова: *деревозалізобетонна конструкція; напружено-деформоване состояние; дрєвесина; бетон; діаграма деформирования*

METHOD OF ASSESSMENT OF STRESS-STRAIN STATE OF TIMBER-REINFORCED CONCRETE STRUCTURE WITH COMPLEX CROSS SECTION

SHEKHORKINA S.Yev., *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures, State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 021-84-44, e-mail: S_VT@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4377-3746

Abstract. Problem statement. The application of timber structures is often limited by the size of the lumber, insufficient load-bearing capacity and rigidity of the elements. To overcome these limitations hybrid designs which rationally use materials with different characteristics are used in modern construction. The existing techniques do not take into account the peculiarities of the diagrams of deformation of structural materials (wood and reinforced concrete). **The purpose of the article** is to improve of methods for calculating wood-reinforced concrete structures, taking into account the stress-strain relationships of materials and the degree of joint work. **Conclusion.** A numerical-analytical method is proposed for the assessment of the stress-strain state of a timber-reinforced concrete structure with complex section, taking into account the deformation diagrams of materials and joints, as well as the degree of joint work. A considered structure consists of two components (reinforced concrete slab and timber beam) connected by shear elements (pins, bolts, screws, nails). It is supposed that the Bernoulli hypothesis is valid for the considered element; the deformations are linearly distributed along the height of the cross section, while a gap arises along the line between the components of the structure due to mutual displacement; structural components under load have equal deflections and curvatures of the longitudinal axes, and the connecting elements are uniformly spaced along of the structure. Determination of the internal deformations and stresses in a section of a structure is based on the condition of equilibrium of the external and internal forces in the section. The solution of the equations for "absolutely" joint work is performed, and the coefficient of joint work is introduced to take into account the redistribution of forces in the section due to the ductility of the joints. The obtained values of longitudinal deformations and curvatures are used to calculate the deformations of concrete and timber elements. Normal stresses are determined using the deformation diagrams of materials, then the strength checks are performed in accordance with the current regulatory documents.

Keywords: *reinforced concrete structure; stress-strain state; wood; concrete; deformation diagram*

Постановка проблеми, мета і задачі дослідження. Застосування дерев'яних конструкцій часто обмежується розмірами пиломатеріалів, недостатньою несучою здатністю і жорсткістю елементів. Для подолання цих обмежень в сучасному будівництві застосовуються гібридні конструкції, в яких раціонально використовуються матеріали з різними характеристиками. До таких елементів відносяться деревозалізобетонні конструкції, які, як правило, складаються із залізобетонної або армованої ґрунтобетонної плити і

дерев'яної балки суцільного або складеного перерізу. Ефективність конструкції залежить від спільної роботи складових компонентів, яка забезпечується механічними зв'язками (нагелями, болтами, шурупами, цвяхами тощо). Особливістю з'єднань є їх податливість, що не дозволяє досягти жорсткого з'єднання.

Розробці методів розрахунку гібридних деревозалізобетонних перекриттів присвячені роботи вчених І. С. Абдрахманова, Ю. О. Мельникова, В. І. Ратнера [1–3], а також роботи закордонних вчених

S. C. Auclair, U. A. Girhammar, N. T. Mascia, P. Gelfi [4–7] та ін. Проте існуючі методики не враховують особливості діаграм деформування матеріалів конструкції (деревини та залізобетону), вимагають проведення додаткових експериментальних досліджень або створення складних скінченноелементних моделей.

Метою даної роботи є вдосконалення методів розрахунку деревозалізобетонних конструкцій з урахуванням залежностей «напруження – деформації» матеріалів та ступеня спільної роботи.

Викладення основного матеріалу. Відповідно до запропонованого методу характеристики напружено-деформованого стану деревозалізобетонної конструкції складеного перерізу визначаються шляхом розв'язання системи рівнянь рівноваги внутрішніх та зовнішніх зусиль.

Метод заснований на алгоритмі нелінійного розрахунку складених сталезалізобетонних конструкцій, викладеного в [8].

Теоретичні передумови:

- для розглянутого елемента справедлива гіпотеза Бернуллі, тобто перерізи, плоскі і нормальні до осі елемента до деформації, залишаються плоскими і нормальними до його осі після деформації;

- деформації розподілені по висоті перерізу по лінійній залежності, при цьому по лінії між компонентами конструкції виникає розрив, обумовлений взаємним зсувом;

- компоненти конструкції під навантаженням мають рівні прогини і кривизну осей;

- з'єднувальні елементи рівномірно розташовані по довжині конструкції;

- не враховується вплив сил тертя між дотичними поверхнями компонентів конструкції;

- конструкція закріплена від втрати стійкості із площини згину.

Розглянемо елемент, що складається з двох компонентів з різних матеріалів (1 — бетону, 2 – деревини), з'єднаних між собою елементами, які працюють на зсув (рис. 1). Поперечний переріз конструкції симетричний відносно вертикальної осі Y . Позначимо як A_1 і A_2 площі поперечних перерізів, y_1 і y_2 –

координати центрів ваги перетинів щодо загальної системи координат з центром, розташованому в центрі всього перерізу за умови абсолютно спільної роботи ($y = 0$).

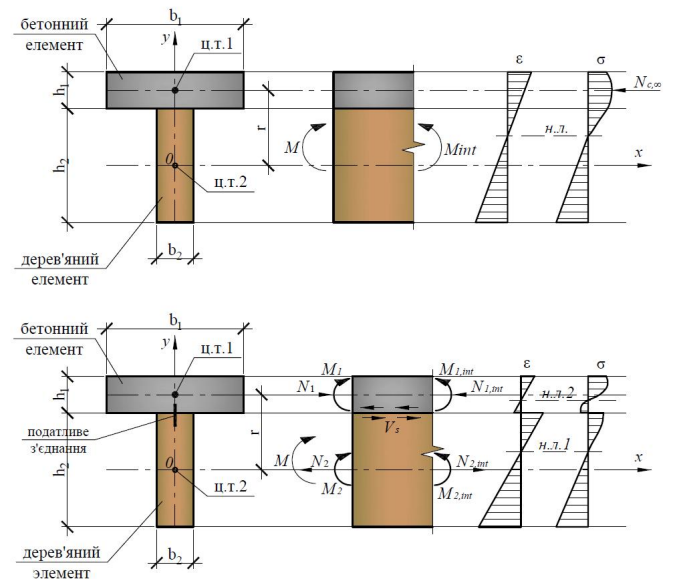


Рис. 1. Схеми внутрішніх напружень та деформацій в перерізі деревозалізобетонної конструкції складеного перерізу: а) за умови «абсолютно» спільної роботи; б) з урахуванням піддатливості з'єднання

Робота матеріалів конструкції описується залежностями, наведеними [9].

Визначення внутрішніх деформацій і напружень в перерізі конструкції базується на умові рівноваги зовнішніх і внутрішніх зусиль в перерізах. У разі «абсолютно» сумісної роботи компонентів конструкції під дією згинального моменту цю умову можна записати у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} \int_{A_1} \sigma_1 dA_1 + \int_{A_2} \sigma_2 dA_2 = 0 \\ \int_{A_1} \sigma_1 z dA_1 + \int_{A_2} \sigma_2 z dA_2 - M = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

Напруження в елементах конструкції залежать від величини відносних деформацій, тобто $\sigma_1 = f_1(\epsilon)$, $\sigma_2 = f_2(\epsilon)$. Виходячи з гіпотези плоских перерізів, деформації по висоті перерізу розподіляються по лінійній залежності, яка має вигляд:

$$\epsilon = u + \varphi y, \quad (2)$$

де u – поздовжня деформація внаслідок стиснення або розтягування; φ – кривизна елемента; y – координата висоти перерізу.

Розв'язуючи систему рівнянь (1) щодо невідомих u і φ , можна визначити значення поздовжньої сили в бетонному елементі:

$$N_{c,\infty} = \int_{A_1} \sigma_1(u_{solv}, \varphi_{solv}) dA_1, \quad (3)$$

де u_{solv}, φ_{solv} – розв'язок системи рівнянь.

Перерозподіл зусиль в перерізі внаслідок податливості з'єднань елементів перерізу при розрахунку враховується шляхом введення коефіцієнта спільної роботи. Тоді поздовжню силу в бетонному елементі, можна представити як частину поздовжньої сили, що визначається на основі умови спільної роботи перерізу:

$$N_1 = f(\gamma) N_{c,\infty}, \quad (4)$$

де $N_{c,\infty}$ – поздовжня сила, визначена з умови «абсолютно» спільної роботи перерізу; $f(\gamma)$ – коефіцієнт сумісної роботи.

Тоді поздовжня сила, що діє на дерев'яний елемент, буде дорівнює: $N_2 = -N_1$.

Деформації по висоті перерізу бетонного елемента ε_1 і дерев'яної балки ε_2 можна записати у вигляді:

$$\varepsilon_1 = u_1 + \varphi(y - r), \quad (5)$$

$$\varepsilon_2 = u_2 + \varphi y, \quad (6)$$

де u_1, u_2 – поздовжня деформація бетонного і дерев'яного елемента, відповідно; φ – кривизна елемента; y – координата висоти перерізу; r – відстань між центрами тяжіння бетонного і дерев'яного елементів.

При врахуванні впливу податливості на спільність роботи залежно напружень в елементах конструкції від величини відносних деформацій: $\sigma_1 = f_1(\varepsilon_1)$, $\sigma_2 = f_2(\varepsilon_2)$.

Система рівнянь рівноваги набуде вигляд:

$$\begin{cases} \int_{A_1} \sigma_1 dA_1 - N_1 = 0 \\ \int_{A_1} \sigma_1 dA_1 + N_2 = 0 \\ \int_{A_1} \sigma_1 z dA_1 + \int_{A_2} \sigma_2 z dA_2 - M = 0 \end{cases}, \quad (7)$$

В системі рівнянь (7) невідомими є поздовжні деформації u_1, u_2 та кривизна φ , а внутрішні зусилля дорівнюють:

$$N_{1,int} = \int_{A_1} \sigma_1 dA_1, \quad (8)$$

$$N_{2,int} = \int_{A_2} \sigma_2 dA_2, \quad (9)$$

$$M_{int} = M_{1,int} + M_{2,int} = \int_{A_1} \sigma_1 z dA_1 + \int_{A_2} \sigma_2 z dA_2. \quad (10)$$

У матричній формі система (7) буде мати вигляд:

$$F_{int}(X) - F_d = 0, \quad (11)$$

де X – вектор невідомих; F_{int} – вектор внутрішніх зусиль; F_d – вектор зовнішніх зусиль, які дорівнюють:

$$X = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \varphi \end{bmatrix}, \quad (12)$$

$$F_{int} = \begin{bmatrix} N_{c,int} \\ N_{w,int} \\ M_{int} = M_{c,int} + M_{w,int} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

$$F_d = \begin{bmatrix} N_c \\ N_w \\ M \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Для розв'язання отриманої системи рівнянь використовується метод Ньютона, формула для знаходження невідомих має вигляд:

$$X_{k+1} = X_k - W^{-1}(X_k) \cdot (F_{\text{int}}(X_k) - F_d), \quad (15)$$

де $W(X_k)$ - матриця Якобіана:

$$W(X_k) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(X_k)}{\partial u_1} & \frac{\partial f_1(X_k)}{\partial u_2} & \frac{\partial f_1(X_k)}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial f_2(X_k)}{\partial u_1} & \frac{\partial f_2(X_k)}{\partial u_2} & \frac{\partial f_2(X_k)}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial f_3(X_k)}{\partial u_1} & \frac{\partial f_3(X_k)}{\partial u_2} & \frac{\partial f_3(X_k)}{\partial \varphi} \end{bmatrix}, \quad (16)$$

$$f_1(X_k) = N_{c,\text{int}} - N_c, \quad (17)$$

$$f_2(X_k) = N_{w,\text{int}} - N_w, \quad (18)$$

$$f_3(X_k) = M_{\text{int}} - M. \quad (19)$$

Алгоритм методу Ньютона полягає в наступному:

1) задається початкове наближення X_k за $u_1=0, u_2=0, \varphi=0$ та точність розрахунку ζ ;

2) визначається значення всіх функцій за X_k ;

3) визначається наступне наближення X_{k+1} ;

4) визначається точність розв'язку $\zeta = W^{-1}(X_k) \cdot (F_{\text{int}}(X_k) - F_d)$;

5) перевіряється умова $\varepsilon \leq 10^{-6}$ (якщо умова не виконується, виконується розрахунок для наступної ітерації).

Значення u_1, u_2 та φ , при яких $\zeta_k \leq \zeta$, є розв'язком системи рівнянь. За отриманими значеннями поздовжніх деформацій та кривизни, з використанням формул (5), (6) обчислюються деформації бетонного та дерев'яного елементів. За діаграмами деформування матеріалів визначаються нормальні напруження та виконуються перевірки міцності відповідно до чинних нормативних документів.

Висновки. Запропоновано чисельно-аналітичний метод оцінки напружено-деформованого стану деревозалізобетонної конструкції складеного перерізу з урахуванням діаграм деформування матеріалів і з'єднань, а також ступеня спільної роботи. Визначення внутрішніх деформацій і напружень в перерізі конструкції базується на умові рівноваги зовнішніх і внутрішніх зусиль в перерізі. При цьому спочатку виконується розв'язок рівнянь для «абсолютно» спільної роботи, а для врахування перерозподілу зусиль в перерізі внаслідок податливості з'єднань вводиться коефіцієнт спільної роботи.

Подальшим напрямком досліджень є аналіз впливу характеристик деформування матеріалів на міцність та деформативність конструкції деревозалізобетонного перекриття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдрахманов И. С. Прочность и деформативность деревожелезобетонных изгибаемых элементов при статических и повторных нагружениях : дис. д-ра техн. наук : 05.23.01. Москва, 2011. 419 с.
2. Ратнер В. И. Деревобетонное перекрытие. *Строительная промышленность*. 1930. № 5. С. 408–411.
3. Мельников Ю. О. Определение несущей способности объединенных деревобетонных балок. *Труды Сибирского АДИ*. 1968. № 1. С. 75–79.
4. Auclair S. C., Sorelli L., Salenikov A. Simplified nonlinear model for timber-concrete composite beams. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2016. Vol. 117, pp. 30–42. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2016.07.019> (дата звернення: 10.10.2020).
5. Girhammar U. A., Pan D. H. Exact static analysis of partially composite beams and beam-columns. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2007. Vol. 49 (2), pp. 239–255. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2006.07.005> (дата звернення: 10.10.2020).
6. Mascia N. T., Forti N. C. S., Soriano J., Nicolas E. A., Forti T. L. D. Study of concrete-timber composite beams using an analytical approach based on the principle of virtual work and experimental results. *Engineering Structures*. 2013. Vol. 46, pp. 302–310. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.07.035> (дата звернення: 10.10.2020).
7. Gelfi P., Giuriani E., Marini A. Stud Shear Connection Design for Composite Concrete Slab and Wood Beams. *Journal of Structural Engineering*. 2002. Vol. 128 (12), pp. 1544–1550. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2002\)128:12\(1544\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:12(1544)) (дата звернення: 10.10.2020).
8. Chiorean C. G. A computer method for nonlinear inelastic analysis of 3D composite steel-concrete frame structures. *Engineering Structures*. Vol. 57, pp. 125–152. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.09.025> (дата звернення: 10.10.2020).

9. Шехоркіна С. Є., Буцька О. Л., Бордун М. В., Шляхов К. В. Напружено-деформований стан гібридних деревозалізобетонних багатоповерхових будівель з урахуванням деформацій повзучості. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 3. С. 100–108. URL: <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/208326> (дата звернення: 10.10.2020).

REFERENCES

1. Abdrakhmanov I.S. *Prochnost i deformativnost derevozhelezobetonnykh izgibaemykh elementov pri staticheskikh i povtornykh nagruzheniyakh: dis. doktora tekhn. nauk* [Strength and deformability of wood-reinforced concrete bending elements under static and repeated loading : Thesis of Doctor of Technical Sciences]: 05.23.01. Moscow, 2011, 419 p. (in Russian).
2. Ratner V.I. *Derevobetonnoe perekrytie* [Timber-concrete floor]. *Stroitel'naya promyshlennost* [Construction Industry]. 1930, no. 5, pp. 408–411 (in Russian).
3. Melnikov Yu.O. *Opredelenie nesushchei sposobnosti obedinennykh derevobetonnykh balok* [Determination of the load-bearing capacity of combined wood-concrete beams]. *Trudy Sibirskogo ADI* [Works of the Siberian ADI]. 1968, no. 1, pp. 75–79 (in Russian).
4. Auclair S.C., Sorelli L. and Salenikov A. Simplified nonlinear model for timber-concrete composite beams. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2016, vol. 117, pp. 30–42. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2016.07.019> (Accessed on: 10.10.2020).
5. Girhammar U.A. and Pan D. H. Exact static analysis of partially composite beams and beam-columns. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2007, vol. 49 (2), pp. 239–255. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2006.07.005> (Accessed on: 10.10.2020).
6. Mascia N.T., Forti N.C.S., Soriano J., Nicolas E.A. and Forti T.L.D. Study of concrete–timber composite beams using an analytical approach based on the principle of virtual work and experimental results. *Engineering Structures*. 2013, vol. 46, pp. 302–310. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.07.035> (Accessed on: 10.10.2020).
7. Gelfi P., Giuriani E. and Marini A. Stud Shear Connection Design for Composite Concrete Slab and Wood Beams. *Journal of Structural Engineering*. 2002, vol. 128 (12), pp. 1544–1550. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2002\)128:12\(1544\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:12(1544)) (Accessed on: 10.10.2020).
8. Chiorean C.G. A computer method for nonlinear inelastic analysis of 3D composite steel–concrete frame structures. *Engineering Structures*. Vol. 57, pp. 125–152. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.09.025> (Accessed on: 10.10.2020).
9. Shekhorkina S.Yev., Butska O.L., Bordun M.V. and Shliakhov K.V. *Napruzhenno-deformovanyi stan hibrydnykh derevo-zalizobetonnykh bahatopoverkhovykh budivel z urakhuvanniam deformatsii povzuchosti* [Stress-strain state of hybrid timber-reinforced concrete multi-storey buildings considering creep deformations]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2020, no. 3, pp. 100–108. URL: <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/208326> (Accessed on: 10.10.2020) (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 14.10.2020.

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 ДВНЗ ПДАБА.

Адреса редакції:

✉ вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Україна, м. Дніпро
кімната 501 (відповідальний секретар)
☎ +38(050) 452-43-63
e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Підписано до друку 25.11.2020 р. Формат 60×84 1/8.
Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 10,13. Умовн. фарб.-відб. арк. 10,13.
Обл.-видавн. арк. 20,26. Наклад 50 прим. Зам. 158

Ответственность за достоверность информации, представленной в печатных материалах,
несут авторы.

Редколлегия не всегда разделяет авторскую точку зрения.

Компьютерная верстка выполнена в редакционно-издательском отделе ГВУЗ ПГАСА.

Адрес редакции:

✉ ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Украина, г. Днипро
комната 501 (ответственный секретарь)
☎ +38(050) 452-43-63
e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Подписано к печати 25.11.2020 г. Формат 60×84 1/8.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,13. Усл. кр.-отт. л. 10,13.
Уч.-изд. л. 20,26. Тираж 50 экз. Зак. 158

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 SHEI PSACEA.

Editorial address:

✉ room 501 (Executive Secretary)
24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine
☎ +38 (050) 452-43-63
e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Sent to press on 25 November 2020. Format 60×84 1/8. Digital
printing. Conventional quire 10,13. Conventional colour imprints 10,13.
Publisher's signatures 20,26. Number of copies 50. Order 158