

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ПРАЦІ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ»

ISSN 2664-4304 (print)
ISSN 2664-4312 (online)

**Збірник наукових праць
«ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ В УКРАЇНІ»**

**Scientific works collection
«LABOUR PROTECTION PROBLEMS
IN UKRAINE»**

Випуск 37(1)

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №16352-4824 Р від 21.01.2010

Затверджено до друку вченою радою
ДУ «ННДІПБОП» (протокол № 143 від 28.12.2020)

Київ
2021

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

О. Є. Кружилко, д. т. н., с. н. с. – головний редактор (Україна)
В. В. Вамболь, д. т. н., проф. – заступник головного редактора (Україна)
В. В. Майстренко, к. т. н. – відповідальний секретар (Україна)
В. А. Глива, д. т. н., проф. (Україна)
О. О. Лапшин, д. т. н., доц. (Україна)
О. Г. Левченко, д. т. н., проф. (Україна)
С. В. Сукач, д. т. н., доц. (Україна)
С. І. Чеберячко, д. т. н., доц. (Україна)
В. Г. Шевченко, д. т. н., проф. (Україна)
Р. Й. Морару, д. філос., проф. (Румунія)
Т. Христова, д. філос., доц. (Болгарія)

Н. Мозаффарі, магістр наук (Іран)
С. О. Вамболь, д. т. н., проф. (Україна)
К. К. Ткачук, д. т. н., проф. (Україна)
О. Я. Тверда, д. т. н. (Україна)
А. Г. Лагори, д. філос., доц. (Пакистан)
Н. А. Кхан, д. філос. (Індія)
Н. Мозаффарі, магістр інженерії (Іран)

EDITORIAL BOARD

Oleg Kruzhylo, DSc (Technical), Senior Researcher – Editor-in-Chief (Ukraine)
Viola Vambol, DSc (Technical), Full Professor – Deputy Editor-in-Chief (Ukraine)
Volodymyr Maistrenko, PhD – Secretary in charge (Ukraine)

Valentyn Glyva, DSc (Technical), Full Professor (Ukraine)
Oleksandr Lapshyn, DSc (Technical), Associate Professor (Ukraine)
Oleg Levchenko, DSc (Technical), Full Professor (Ukraine)
Sergij Sukach, DSc (Technical), Associate Professor (Ukraine)
Sergij Cheberiachko, DSc (Technical), Associate Professor (Ukraine)
Volodymyr Shevchenko, DSc (Technical), Full Professor (Ukraine)
Roland I. Moraru, Ph.D, Dr. Habil. Eng. Professor (Full) (Romania)
Teodora Hristova, PhD, Associate Professor (Bulgaria)
Niloofar Mozaffari, M.Sc. (Iran)
Sergij Vambol, DSc (Technical), Full Professor (Ukraine)
Kostiantyn Tkachuk, DSc (Technical), Full Professor (Ukraine)
Oksana Tverda, DSc (Technical) (Ukraine)
Altaf Hussain Lahori, PhD, Associate Professor (Pakistan)
Nadeem Ahmad Khan, PhD(P) (India)
Nastaran Mozaffari, M.Eng. (Iran)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О. Е. Кружилко, д. т. н., с. н. с. – главный редактор (Украина)
В. В. Вамболь, д. т. н., проф. – заместитель главного редактора (Украина)
В. В. Майстренко, к. т. н. – ответственный секретарь (Украина)

В. А. Глива, д. т. н., проф. (Украина)
А. А. Лапшин, д. т. н., доц. (Украина)
О. Г. Левченко, д. т. н., проф. (Украина)
С. В. Сукач, д. т. н., доц. (Украина)
С. И. Чеберячко, д. т. н., доц. (Украина)
В. Г. Шевченко, д. т. н., проф. (Украина)
Р. И. Морару, д. филос., проф. (Румыния)
Т. Христова, д. филос., доц. (Болгария)
Н. Мозаффари, магистр наук (Иран)
С. А. Вамболь, д. т. н., проф. (Украина)
К. К. Ткачук, д. т. н., проф. (Украина)
О. Я. Твердая, д. т. н. (Украина)
А. Г. Лагори, д. филос., доц. (Пакистан)
Н. А. Кхан, д. филос. (Индия)
Н. Мозаффари, магистр инженерии (Иран)

Збірник наукових праць «Проблеми охорони праці в Україні» видається з 1998 року й включено до:

- переліку періодичних наукових фахових видань України Категорії Б за спеціальністю 263 «Цивільна безпека», 183 «Технології захисту навколишнього середовища (Наказ МОН України від 24 вересня 2020 року № 1188);
- платформи «Наукова періодика України» у Національній бібліотеці ім. В. І. Вернадського;
- пошукової системи повних текстів наукових публікацій всіх форматів і дисциплін Google Scholar;
- найбільшої бібліографічної бази даних WorldCat;
- пошукової системи і бази даних наукових цитувань Open Ukrainian Citation Index (OUCI);
- онлайн-сервісу пошуку веб-ресурсів для статей і досліджень Directory of Research Journal Indexing (DRJI);
- міжнародної служби індексації Scientific Indexing Services (SIS).

За зміст, авторську позицію та правдивість наведених у статтях фактів, цитувань відповідальність несуть автори

Проблеми охорони праці в Україні: зб. наук. праць. Київ: ДУ «ННДІПБОП», 2021. Вип. 37(1). 29 с.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО КОМПЛЕКСНОЇ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОЇ ОЦІНКИ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

О. Г. Левченко¹, О. Є. Кружилко², Ю. О. Полукarov^{1*}

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

²Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці»

*E-mail для листування: polukarov@ukr.net

Отримано: 21 січня 2021; Прийнято: 05 лютого 2021

Цитувати як: Левченко, О. Г., Кружилко, О. Є., Полукarov, Ю. О. (2021). Методичні підходи до комплексної санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних технологій і матеріалів на основі математичного моделювання. *Проблеми охорони праці в Україні*, 37(1), 3–8.

Метою статті є розробка методичних підходів до комплексної санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів на основі сучасних методів математичного моделювання. Запропоновано ідеологічну структуру комп'ютеризованої бази даних, яка б дозволяла накопичувати і редагувати дані про зварювальні матеріали і режими зварювання, систематизувати їх, а також виводити необхідну для користувача інформацію на екран, шляхом обробки різного роду запитів. Проаналізовано комплекс шкідливих і небезпечних факторів, що супроводжують зварювальні процеси. Наведено методику математичного моделювання залежності інтенсивності виділення зварювального аерозолі від множини технологічних факторів та аргументовано необхідність її вдосконалення. Обґрунтовано актуальність створення інформаційно-аналітичної системи комплексної санітарної оцінки зварювальних матеріалів для вибору оптимальних, з гігієнічної точки зору, технологій зварювання. Наведено переваги і недоліки існуючих розробок інформаційно-аналітичних систем прийняття управлінських рішень у зварювальному виробництві. Запропоновано структуру та наведено концептуальні аспекти створення нової бази даних для комп'ютерної системи інформаційного забезпечення комплексної санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних технологій і матеріалів відповідно до сучасних вимог стандарту ДСТУ ISO 15011-4: 2008.

Ключові слова: зварювання; шкідливі та небезпечні фактори; математичне моделювання; ризик; заходи захисту; зварювальний аерозоль; інформаційно-аналітична система.

METHODICAL APPROACHES TO COMPLEX SANITARY AND HYGIENIC EVALUATION OF WELDING TECHNOLOGIES AND MATERIALS BASED ON MATHEMATICAL MODELING

O. Levchenko¹, O. Kruzhyloko², Yu. Polukarov^{1*}

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky";
Public Agency "National Scientific and Research Institute of Industrial Safety and Occupational Safety and Health"

*E-mail for correspondence: polukarov@ukr.net

Received: 21 January 2021; Accepted: 05 February 2021

Cite as: Levchenko, O., Kruzhyloko, O., Polukarov, Yu. (2021). Methodical approaches to complex sanitary and hygienic evaluation of welding technologies and materials based on mathematical modeling. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 37 (1), 3–8.

The purpose of this article is to develop methodological approaches to a complex sanitary and hygienic assessment of welding materials based on modern methods of mathematical modeling. An ideological structure of a computerized database is proposed, which would allow to collect and edit data on welding materials and welding modes, to systematize them, as well as to display the necessary user information on the screen by processing various requests. The complex of harmful and dangerous factors accompanying welding processes is analyzed. The method of mathematical modeling of the dependence of the intensity of welding aerosol release on the set of technological factors is given and the necessity of its improvement is argued. The urgency of creating an information-analytical system of complex sanitary assessment of welding materials for the selection of optimal, from a hygienic point of view, welding technologies is substantiated. The advantages and disadvantages of the existing developments of information-analytical systems of managerial decision-making in the welded production are given. The structure and conceptual aspects of creating a new database for the computer system of information support of complex sanitary and hygienic assessment of welding technologies and materials, in accordance with modern requirements of the standard DSTU ISO 15011-4: 2008.

Keywords: welding; harmful and dangerous factors; mathematical modeling; risk; protection measures; welding aerosol; information and analytical system.

1. Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

На тепер зварювання є одним із найважливіших процесів металлообробки в таких фундаментальних галузях промисловості як машинобудування, суднобудування та будівництво. Робота зварювальника пов'язана з впливом цілого ряду шкідливих факторів різної природи, які супроводжують зварювальний процес. До них відносяться високі рівні виділення в

робочу зону зварювальних аерозолів, різні види випромінювань, шум і вібрація, статичні навантаження на руки і плечовий пояс та багато інших [1].

Як свідчать дослідження провідних фахівців в галузі гігієни праці, зварювальний аерозоль (ЗА) є одним із найбільш типових шкідливих чинників, з яким доводиться стикатися зварнику. Виділення ЗА, в тій чи іншій мірі, спостерігається при всіх видах і способах зварювання та споріднених йому процесах. Джерелом цього чинника

багато в чому є зварювальні матеріали, а саме склад основного металу, електродів та їх покриття, дроту, флюсів ін., інгредієнти яких обумовлюють інтенсивність виділення ЗА і вміст у ньому токсичних компонентів [2]. Саме тому вибір найбільш безпечних технологій і розробка дійсно ефективних заходів щодо зниження ризику професійних захворювань зварників неможливі без глибокого аналізу гігієнічних характеристик зварювальних матеріалів.

Незважаючи на те, що визначальним та найбільш розповсюдженим серед процесів зварювання шкідливим фактором є ЗА, для здійснення об'єктивної комплексної оцінки зварювальних матеріалів необхідно врахувати також інші фактори, що супроводжують зварювальний процес. До них належать:

- випромінювання в оптичному діапазоні (ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне);
- електромагнітні поля;
- іонізуюче випромінювання;
- шум;
- вібрація;
- статичне навантаження на руку зварника.

Також потрібно врахувати вплив небезпечних факторів, серед яких, насамперед, слід відзначити:

- електричний струм;
- іскри, бризки та викид розплавленого металу;
- механізми і деталі, що рухаються;
- системи, що знаходяться під тиском, відмінним від атмосферного.

Урахування, принаймні, більшості зазначених факторів, потребує наукового обґрунтування вибору об'єктів і критеріїв ризику для зварників, розробки методичних підходів розрахунку професійних ризиків зварників, вивчення та встановлення закономірностей впливу санітарно-гігієнічних, технологічних та організаційних факторів на професійний ризик зварників тощо. На сьогодні вирішення цих завдань неможливе без застосування сучасної інформаційно-аналітичної системи та комп'ютеризованої бази даних з детальною інформацією щодо зварювальних матеріалів.

2. Постановка завдання та його вирішення

Матеріали та методи дослідження, які використовувалися при вирішенні поставлених завдань.

З практики відомо, що різноманітність зварювальних матеріалів та їх характеристик, режимів зварювання і технологічних особливостей істотно ускладнює як здійснення якісно-кількісного аналізу, так і структурування, актуалізацію та обробку цієї інформації. Тому з метою комплексної санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів потрібно розробити ідеологічну структуру комп'ютеризованої бази даних, яка б дозволяла накопичувати та редагувати дані, щодо зварювальних матеріалів і режимів зварювання, систематизувати їх, а також виводити необхідну для користувача інформацію на екран шляхом обробки різного роду запитів. Прикладом таких запитів може бути сортування наявних електродів за вмістом токсичних компонентів у зварювальному аерозолі, інтенсивністю виділення зварювального аерозолу, їх вартістю тощо. Користувачеві також може знадобитися можливість переглядати потрібну йому інформацію з певної кількості матеріалів, а не з усього масиву. Тому буде передбачено спектр фільтрів, завдяки яким, користувач зможе, наприклад, виводити на екран дані щодо електродів з певним покриттям або призначених для зварювання певних металів. Більш того, за задумом авторів статті, у

майбутньому така база даних слугуватиме основою для створення багатофункціональної інформаційно-аналітичної системи, що дозволить здійснювати комплексну гігієнічну оцінку умов праці, встановлювати кількісний взаємозв'язок між ризиком професійного захворювання зварників і шкідливими чинниками, що впливають на них при різних видах зварювання, підбирати засоби захисту для конкретних умов праці, і, нарешті, давати можливість обирати оптимальну, з гігієнічної точки зору, технологію зварювання [3]. Це буде реальний інструмент для роботодавців, який дозволить здійснювати управлінську діяльність з максимальною ефективністю [4], а саме, оптимізувати процес управління ризиком професійної захворюваності зварників на базі комплексної санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних технологій і матеріалів.

Обговорення результатів

Було б некоректно стверджувати, що питання створення комп'ютеризованих систем у галузі гігієни зварювального виробництва раніше не піднімалося. Так, у 2001 році в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона було розроблено комп'ютерну інформаційно-пошукову систему «ECO-WELD» [5], яка дає можливість отримувати інформацію щодо гігієнічних характеристик зварювальних матеріалів (інтенсивність виділення, питома кількість ЗА, його процентний склад), що застосовуються для ручного дугового зварювання, механізованого зварювання та зварювання під флюсом, а також дані про технологічні режими. Ця система дозволяє розраховувати необхідний повітрообмін, а також обирати доцільне вентиляційне обладнання або засіб індивідуального захисту органів дихання зварника. На відміну від запропонованих раніше іноземних розробок [6–8], комп'ютерна система «ECO-WELD» надає більш глибоку і детальну інформацію щодо умов зварювання, зварювальних матеріалів і характеристик ЗА, що дає можливість виконати гігієнічну оцінку технології зварювання з подальшою розробкою рекомендацій щодо застосування необхідних засобів захисту для кожної марки зварювального матеріалу.

На момент створення ця інформаційна система задовольняла основним вимогам. Однак ситуація кардинально змінилася з набуттям чинності в Україні нових міжнародних стандартів серії ДСТУ ISO 15001 [9–12], згідно з якими постало питання необхідності врахування нових розрахункових показників, необхідних для визначення кінцевих гігієнічних характеристик зварювальних матеріалів.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що інформаційно-пошукова система «ECO-WELD» не дозволяє оцінити ризик професійно обумовлених захворювань, а відтак, розробляти економічно виправдані і раціональні заходи щодо їх профілактики.

Ще одним недоліком інформаційно-пошукової системи «ECO-WELD» є певна її статичність. Її ефективність, багато в чому залежить від якості та повноти введеної інформації. До того ж базу даних цієї системи було спроектовано на основі пакету Microsoft Excel, що ускладнює інтеграцію інформаційних масивів в системи, спроектовані в сучасних інформаційних середовищах. Ще однією проблемою є той факт, що комплекс «ECO-WELD» не передбачений для роботи у таких поширених операційних системах як Windows 7, 8, 10 і Linux, який набуває все більшої популярності з причини безкоштовності софту.

Наступною розробкою, спрямованою на оцінку гігієнічних характеристик зварювальних матеріалів, стала розроблена одним із авторів статті інформаційно-

аналітична система ІАС 33 [13], в основу якої було покладено наступний підхід до математичного моделювання інтенсивності виділення ЗА від множини факторів, що супроводжують зварювальні процеси. У загальному випадку математична модель залежності інтенсивності виділення ЗА від факторів, що здійснюють вплив, має такий вигляд:

$$V_i = F_i(X_1, X_2, X_3), \quad (1)$$

де V_i – інтенсивність виділення ЗА, г/хв; i – робочий індекс, що відповідає певному типу електрода; X_1 – діаметр електрода, мм; X_2 – сила зварювального струму, А; X_3 – вид струму.

Напруга зварювальної дуги під час процесу ручного дугового зварювання майже не контролюється, адже вона суттєво залежить від технічних прийомів зварювання, притаманних конкретному зварнику, а також від його кваліфікації. Аналіз статистичних даних показав, що істотного впливу на інтенсивність виділення ЗА ця напруга не чинить. Відтак, цей технологічний фактор у математичній моделі враховуватись не буде.

Проведемо математичне моделювання для поширеної марки електрода для ручного дугового зварювання АНО-4 з рутіловим покриттям, для якої були зібрані дані щодо інтенсивності виділення ЗА залежно від діаметру електрода, сили зварювального струму та виду струму.

Залежність інтенсивності виділення ЗА від виду струму може бути представлена у вигляді добутку значення інтенсивності виділення ЗА для змінного струму та відповідного коефіцієнта впливу виду струму, що визначається маркою електрода (таблиця 1).

Таблиця 1 – Оцінка впливу виду струму на інтенсивність виділення ЗА

Марка електрода	Вид струму, X_3		
	Змінний	Постійний зворотній	Постійний прямий
АНО-4	1	1,3	1,17

Зібрані в перевірених літературних джерелах [14, 15] дані щодо технологічних факторів, що здійснюють вплив

на інтенсивність виділення ЗА при ручному дуговому зварюванні для марки АНО-4, представлено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Дані щодо технологічних чинників, які впливають на інтенсивність виділення ЗА

Марка електрода	Тип покриття	Діаметр електрода, мм	Сила зварювального струму, А	Інтенсивність утворення зварювального аерозолі, г/хв
АНО-4	Рутілове	3	100	0,80
		3	120	0,72
		3	140	0,75
		4	150	0,6
		4	160	0,56
		4	170	0,54
		4	180	0,62
		4	190	0,68
		5	200	0,64
		5	210	0,6
		5	220	0,58
		5	230	0,5
		5	240	0,47

Обробку вищенаведених даних було виконано методом регресійно-кореляційного аналізу за допомогою ІАС 33 [13].

Побудовано математичну модель для марки електрода АНО-4. Таким чином, формула (1) для зазначеної марки електрода матиме вигляд: $V_i = X_3 \cdot F_i(X_1, X_2)$. У випадку, якщо використовується змінний струм, $X_3 = 1$.

Обробка даних таблиці 2 дала можливість отримати модель для електрода АНО-4, точність якої, згідно з коефіцієнтом множинної кореляції, становить 0,83–0,88:

$$V_1 = 0,966 + 0,009 \cdot X_1 - 0,002 \cdot X_2. \quad (2)$$

Графічне зображення залежності інтенсивності виділення ЗА (2) від сили зварювального струму для

електрода АНО-4 діаметром 3, 4 та 5 мм, наведено на рисунку 1.

Аналіз цієї залежності свідчить про досить високу кореляцію між літературними і розрахунковими даними, які було отримано за допомогою математичного моделювання.

Окрім цього, аналіз результатів моделювання свідчить про можливість отримання на прикладі електрода марки АНО-4 математичних моделей залежності інтенсивності виділення ЗА від множини технологічних факторів зварювального процесу також і для інших марок електродів з різним типом покриття. Для цього достатньо буде занести дані про тип покриття, діаметр електрода і силу зварювального струму до бази даних та провести їх математичну обробку з використанням ІАС 33. Такий підхід до отримання значень інтенсивності виділення ЗА

може допомогти здійснити оцінку питомого рівня виділення ЗА та провести подальший розрахунок вмісту

шкідливих речовин у зоні дихання зварника.

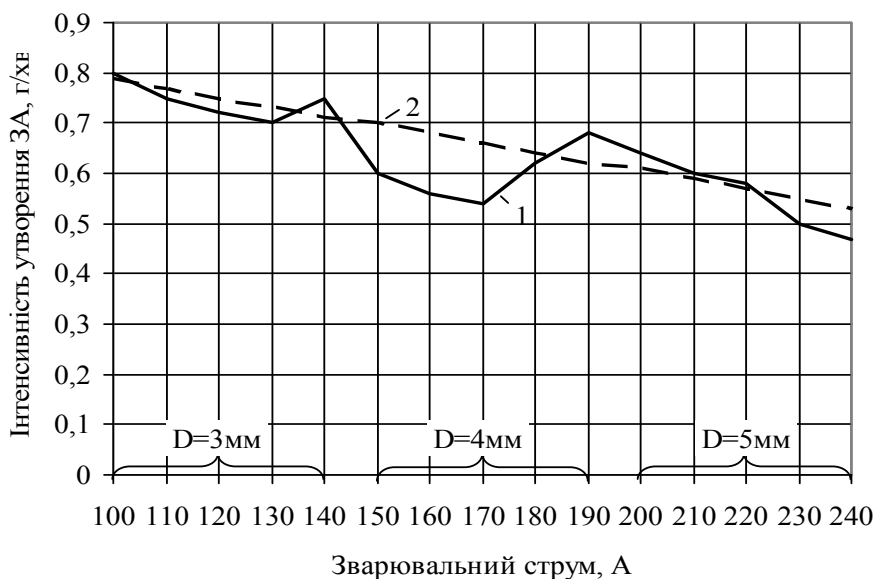


Рисунок 1 – Залежності інтенсивності виділення ЗА від сили струму та діаметра електрода для електрода АНО-4 при змінному струмі: 1 – літературні дані [14, 15]; 2 – розрахункові дані

Однак попри певні переваги, ІАС 33 має низку суттєвих недоліків в умовах сьогодення. Розроблений для неї алгоритм визначення інтенсивності виділення ЗА фактично не придатний для інших способів зварювання, оскільки не передбачає врахування додаткових факторів. До того ж, як і «ECO-WELD», ця система не відповідає сучасним тенденціям гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів на основі токсичності аерозолів згідно з актуальним стандартом ДСТУ ISO 15011-4: 2008 [11]. Цей стандарт дозволяє оцінити ступінь ризику шкідливого впливу зварювальних матеріалів при їх використанні на організм зварника. Ця частина стандарту базується на сучасних досягненнях в галузі охорони праці, на які, нарешті, починають орієнтуватися і в Україні, зокрема, на понятті ризиків, обумовлених використанням тих чи інших гігієнічно потенційно небезпечних технологій.

Для визначення кінцевих показників гігієнічної оцінки

зварювальних матеріалів розрахунковим методом, згідно з вимогами стандарту ДСТУ ISO 15011-4: 2008, прийнято використовувати два критерії, а саме:

- граничне значення зварювального аерозолі (більш повна назва – гранично допустима концентрація ЗА) як міра токсичності ЗА (відносна величина, що дозволяє порівняти токсичність ЗА однієї ваги, а не вплив на організм людини всього ЗА, що виділяється на робочому місці зварника);

- клас зварювального аерозолі, тобто показник ризику впливу ЗА на організм людини на конкретному робочому місці (враховує всю кількість ЗА, що виділяється при певних умовах зварювання).

Таким чином, для оцінки ризику впливу ЗА на організм зварників використовуються розраховані за методикою [11] граничні значення ЗА і експериментально визначені інтенсивності їх виділень за допомогою класифікації зварювальних матеріалів, при застосуванні яких ці ЗА утворюються (таблиця 3).

Таблиця 3 – Класифікація зварювальних матеріалів згідно з інтенсивністю виділень і розрахованих граничних значень ЗА

Граничне значення ЗА, мг/м ³	Інтенсивність виділення ЗА, мг/с	< 3	Від 3 до 8	Від 8 до 15	Від 15 до 25	> 25
	Клас зварювального матеріалу	a	b	c	d	e
> 4,5	5	5a	5b	5c	5d	5e
Від 3,5 до 4,5	4	4a	4b	4c	4d	4e
Від 2,5 до 3,5	3	3a	3b	3c	3d	3e
Від 1,5 до 2,5	2	2a	2b	2c	2d	2e
Від 0,5 до 1,5	1	1a	1b	1c	1d	1e
< 0,5	0	0a	0b	0c	0d	0e

Окрім цього, ІАС 33 не відповідає сучасним вимогам проектування через застарілі на сьогодні технології розробки та архітектури, на яких сформовано її поточну версію, в результаті чого користувачі цієї системи стикаються з великою кількістю проблем.

По-перше, поточну версію інформаційної системи неможливо запустити на версіях операційної системи Windows вище ніж Windows XP через зміни в більш нових операційних системах Windows архітектури проектування програмного забезпечення. Оновлення архітектури програмного забезпечення ІАС 33 на основі поточної версії є недоцільним через велику кількість часу, потрібного на подібну розробку, та відсутність кваліфікованих кадрів необхідної галузі програмування. До того ж подібне оновлення не вирішить багатьох інших проблем.

По-друге, сучасні виклики вимагають під час проектування нових інформаційних систем закладати ще на стадії розробки багатоплатформеність подібних систем. Інакше кажучи, сучасні системи повинні мати можливість як запускатися на інших операційних системах (Windows, Macintosh, Linux, Android, iOS), так і на різних типах пристроїв (персональні комп'ютери, телефони, планшети). Існуюча версія ІАС 33 не передбачає подібних функцій. Більш того, подібний підхід до розробки зобов'язує розробника для виконання вимог багатоплатформеності до написання різноманітних програм одного типу зовсім різними технологіями, що робить розробку подібних систем суттєво дорожчою.

Ще однією проблемою діючої ІАС 33 є неможливість своєчасного оновлення інформаційного наповнення системи та неможливість доставки оновленої інформації до кінцевого користувача без залучення користувача до процесу оновлення. Всі оновлення (якщо вони й можливі) виконуються виключно на локальній версії та зберігаються лише в одному примірнику на комп'ютері адміністратора ІАС 33.

Для того, щоб оновити інформаційне наповнення, користувачам необхідно виконати певний алгоритм дій, які для деякого можуть бути занадто складними. Подібний підхід до оновлення суттєво ускладнює підтримку подібних інформаційних систем

Висновки

Вирішенням наведених проблемних прикладів могла б стати інформаційна система комплексної санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів, яка базується на сучасних WEB-технологіях розробки. Подібні системи, написані з використанням WEB інтерфейсу, є успішними в сучасних умовах. Як показує практика, вони однаково ефективно працюють на будь-яких платформах і типах пристроїв, не мають проблем з оновленням інформаційного наповнення, оновлення на стороні користувача виконується без його залучення до процесу. Також подібні технології усувають проблеми з нескінченною кількістю версій програмного продукту. Окрім цього, відпадає необхідність у використанні багатьох різноманітних технологій проектування програмного забезпечення. Така система, спираючись на описаний у статті підхід, забезпечить власників підприємств актуалізованою інформацією щодо гігієнічних показників зварювальних матеріалів, дозволить приймати науково обґрунтовані рішення про вибір засобів захисту зварників, а також зменшить витрати на виплати пільг і компенсацій за роботу у несприятливих умовах.

Подяка авторів

Автори висловлюють подяку адміністрації та фахівцям Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона за надані результати експериментальних лабораторних досліджень.

Конфлікт інтересів

У авторського колективу немає конфліктів інтересів, пов'язаних з цим дослідженням.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Березуцький, В. В., Хондак, І. І. (2018). Зварювання металевих виробів та безпека. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер.: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії, 241 (1317), 91–102.
- 2.Демецька, О. В., Андрусишина, І. М., Ткаченко, Т. Ю., Лук'яненко, А. О., Полукаров, Ю. О. (2017). Нанорозмірні фракції твердої складової зварювальних аерозолів, що утворюються під час зварювання покритими електродами зі зниженим вмістом хрому (VI). *Технічні науки та технології*, 1 (7), 79–86.
- 3.Левченко, О. Г., Полукаров, Ю. О. (2020). Передумови розроблення нової інформаційно-аналітичної системи оцінки комплексу шкідливих і небезпечних факторів під час зварювання та споріднених технологій. *Геоінженерія*, 1, 57–65.
- 4.Polukarov, Yu., Demchuk, H., Ilchuk, O., Zemlyanska, O., Kachynska, N. (2020). Technical and organizational measures and means of ensuring the safety of the production process. *Asia Life Sciences*, Sup 22(2), 639–651.
- 5.Демченко, В. Ф., Левченко, О. Г., Метлицкий, В. А., Козлитина, С. С. (2001). Информационно-поисковая система гигиенических характеристик сварочных аэрозолей. *Сварочное производство*, 8, 41–45.
- 6.Kosnac, L. (1981). Catalogue of solid and gaseous substances formed during brazing, welding and cutting. *IIFW VIII-973-81*, 4.
- 7.Machaczek, S. & Matusiak, J. (1994). Katalog charakterystyk materialow spawalniczych pod wzgledem emisji zanieczyszczen. *Gliwice: Instytut spawalnictwa*, 63.
- 8.Programy komputerowe dla potrzeb spawalnictwa. (1994). *Gliwice: Instytut spawalnictwa*, 40.
- 9.ДСТУ ISO 15011-1:2008. (2011). Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів, утворюваних під час дугового зварювання. Частина 1. Визначення рівня виділень і відбір проб для аналізу мікрочастинок аерозолів. Вид. офіц. Київ: *Держспоживстандарт України*, 8.
10. ДСТУ ISO 15011-2:2008. (2011). Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів, утворюваних під час дугового зварювання. Частина 2. Визначення рівня виділень газів, за винятком озону. Вид. офіц. Київ: *Держспоживстандарт України*, 10.
11. ДСТУ ISO 15011-4:2008. (2011). Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів. Частина 4. Форма для запису даних про аерозолі. Вид. офіц. Київ: *Держспоживстандарт України*, 20.
12. ДСТУ ISO/TS 15011-5:2008. (2011). Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів. Частина 5. Ідентифікація продуктів теплової деструкції, утворюваних під

час дугового зварювання чи різання виробів, що цілком або частково складаються з органічних матеріалів. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 14.

13. Кружилко, О. С., Сторож, Я. Б., Гуць, В. С., Полукаров, Ю. О., Землянська, О. В. (2017). Прогнозування професійної захворюваності зварників залежно від умов праці. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Ostrogradського*, 6 (107), 129–135.

14. Левченко, О. Г., Булат, А. В. (2010). Вплив виду електродного покриття на гігієнічні характеристики аерозолів, що утворюються при зварюванні високолегованих сталей. *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво»*, Вип. 19, 171–177.

15. Серенко, В. А. (2015). Уровень выделения сварочных аэрозолей при сварке покрытыми электродами. *Университетская наука-2015 : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 19–20 мая 2015 г.)*, ГВУЗ «ПГТУ», 119–120.

REFERENCES

1. Berezutskyi, V. V., Khondak, I. I. (2018). Zvariuvannia metalevykh vyrobiv ta bezpeka. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Ser.: Innovatsiini tekhnologii ta obladnannia obrobky materialiv u mashynobuduvanni ta metalurhii*, 241 (1317), 91–102.

2. Demetska, O. V., Andrusyshyna, I. M., Tkachenko, T. Yu., Luk'ianenko, A. O., Polukarov, Yu. O. (2017). Nanorozmirmi fraktsii tverdoi skladovoi zvariuvalnykh aerezoliv, shcho utvoriuiutsia pid chas zvariuvannia pokrytymy elektrodami zi znyzhenym vmistom khromu (VI). *Tekhnichni nauky ta tekhnologii*, 1 (7), 79–86.

3. Levchenko, O. H., Polukarov, Yu. O. (2020). Peredumovy rozroblennia novoi informatsiino-analitychnoi systemy otsinky kompleksu shkidlyvykh i nebezpechnykh faktoriv pid chas zvariuvannia ta sporidnykh tekhnologii. *Heinzhenieriia*, 1, 57–65.

4. Polukarov, Yu., Demchuk, H., Ilchuk, O., Zemlyanska, O., Kachynska, N. (2020). Technical and organizational measures and means of ensuring the safety of the production process. *Asia Life Sciences*, Sup. 22(2), 639–651.

5. Demchenko, V. F., Levchenko, O. G., Metlitskiy, V. A., Kozlitina, S. S. (2001). Informatsionno-poiskovaya sistema gigenicheskikh harakteristik svarochnykh aerezoliev. *Svarochnoe proizvodstvo*, 8, 41.

6. Kosnac, L. (1981). Catalogue of solid and gaseous substances formed during brazing, welding and cutting. IIV VIII-973-81, 4.

7. Machaczek, S. & Matusiak, J. (1994). Katalog charakterystyk materialow spawalniczych pod wzgledem emisji zanieczyszczen. *Gliwice: Instytut spawalnictwa*, 63.

8. Programy komputerowe dla potrzeb spawalnictwa. (1994). *Gliwice: Instytut spawalnictwa*, 40.

9. DSTU ISO 15011-1:2008. (2011). Okhorona zdorov'ia ta bezpeka u zvariuvanni ta sporidnykh protsesakh. Laboratornyi metod vidbyrannia aerezoliv i haziv, utvoriuvanykh pid chas duhovoho zvariuvannia. Chastyna 1. Vyznachennia rinvia vydilen i vidbir prob dlia analizu mikrochastynok aerezoliv. Vyd. ofits. Kyiv: *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 8.

10. DSTU ISO 15011-2:2008. (2011). Okhorona zdorov'ia ta bezpeka u zvariuvanni ta sporidnykh protsesakh. Laboratornyi metod vidbyrannia aerezoliv i haziv, utvoriuvanykh pid chas duhovoho zvariuvannia. Chastyna 2. Vyznachennia rinvia vydilen haziv, za vyniatkom ozonu. Vyd. ofits. Kyiv: *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 10.

11. DSTU ISO 15011-4:2008. (2011) Okhorona zdorov'ia ta bezpeka u zvariuvanni ta sporidnykh protsesakh. Laboratornyi metod vidbyrannia aerezoliv i haziv. Chastyna 4. Forma dlia zapysu danykh pro aerezoli. Vyd. ofits. Kyiv: *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 20.

12. DSTU ISO/TS 15011-5:2008. (2011) Okhorona zdorov'ia ta bezpeka u zvariuvanni ta sporidnykh protsesakh. Laboratornyi metod vidbyrannia aerezoliv i haziv. Chastyna 5. Identyfikatsiia produktiv teplovoi destrukttsii, utvoriuvanykh pid chas duhovoho zvariuvannia chy rizannia vyrobiv, shcho tsilkom abo chastkovo skladaiutsia z orhanichnykh materialiv. Vyd. ofits. Kyiv: *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 14.

13. Kruzhylo, O. Ye., Storozh, Ya. B., Huts, V. S., Polukarov, Yu. O., Zemlianska, O. V. (2017). Prohnozuvannia profesiinoi zakhvoriuvanosti zvarnykyv zalezno vid umov pratsi. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrogradskoho*, 6 (107), 129–135.

14. Levchenko, O. H., Bulat, A. V. (2010). Vplyv vydu elektrodnoho pokryttia na hiiienichni kharakterystyky aerezoliv, shcho utvoriuiutsia pry zvariuvanni vysokolehovanykh stalei. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut». Serii «Hirnystvo»*, Vyp. 19, 171–177.

15. Serenko, V. A. (2015). Uroven vydeleniia svarochnykh aerezoliev pri svarke pokrytymi elektrodami. *Universitetskaia nauka-2015 : tez. dokl. zezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Mariupol, 19–20 maia 2015 g.)*, GVUZ «PGTU», 119–120.

О. Г. Левченко, О. Е. Кружилко, Ю. А. Полукаров

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К КОМПЛЕКСНОЙ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Целью статьи является разработка методических подходов к комплексной санитарно-гигиенической оценке сварочных материалов на основе современных методов математического моделирования. Предложена идеологическая структура компьютеризированной базы данных, которая позволяет накапливать и редактировать данные о сварочных материалах и режимах сварки, систематизировать их, а также выводить необходимую для пользователя информацию на экран путем обработки различного рода запросов. Проанализирован комплекс вредных и опасных факторов, сопутствующих сварочным процессам. Приведена методика математического моделирования зависимости интенсивности выделения сварочного аэрозоля от множества технологических факторов и аргументирована необходимость ее совершенствования. Обоснована актуальность создания информационно-аналитической системы комплексной санитарной оценки сварочных материалов для выбора оптимальных, с гигиенической точки зрения, технологий сварки. Приведены преимущества и недостатки существующих разработок информационно-аналитических систем принятия управленческих решений в сварочном производстве. Предложена структура и приведены концептуальные аспекты создания новой базы данных для компьютерной системы информационного обеспечения комплексной санитарно-гигиенической оценки сварочных технологий и материалов в соответствии с современными требованиями стандарта ДСТУ ISO 15011-4: 2008.

Ключевые слова: сварка; вредные и опасные факторы; математическое моделирование, риск; меры защиты; сварочный аэрозоль; информационно-аналитическая система.