

**БЕРЕЗУЦКИЙ В. В., ХОНДАК И. И., БЕРЕЗУЦКАЯ Н. Л., ХАЛИЛЬ В. В.**

### **АНАЛИЗ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ СВАРКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДОВ С ОСНОВНЫМ ТИПОМ ПОКРЫТИЯ**

В статье приведен анализ вентиляции на участке сварки. Исследованы изменения концентраций угарного газа и сварочного аэрозоля, которые образуются при ручной электродуговой сварке и использовании электродов с основным типом покрытия (УОНИ-13-45). Установлен характер распространения опасных газов и пыли в рабочей зоне, что увеличивает риск попадания их в зону дыхания сварщика и может быть причиной заболеваний. Проведено исследование изменения концентрации сварочного аэрозоля при сварке электродом с основным типом покрытия на различных расстояниях от источника образования, в том числе и непосредственно у органов дыхания сварщика, полученная зависимость представляет собой кривую, которая монотонно убывает и асимптотически стремится к нулю с увеличением расстояния от источника. Рассмотрена необходимость проведения подготовки к процессу сварки и выбор электродов с меньшим количеством загрязняющих выбросов сварочного аэрозоля в воздух рабочей зоны. Проведена оценка эффективности вытяжной вентиляции на участке сварки на соответствие требованиям нормативных документов и сделаны выводы, что использование только вытяжной вентиляции без приточно-вытяжной не может обеспечить допустимый уровень загрязнений в рабочей зоне сварки в помещении.

**Ключевые слова:** сварка, электроды, монооксид углерода, сварочный аэрозоль, вентиляция.

**В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ, І. І. ХОНДАК, Н. Л. БЕРЕЗУЦКА, В. В. ХАЛІЛЬ**

### **АНАЛІЗ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИ ЗВАРЮВАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОДІВ З ОСНОВНИМ ТИПОМ ПОКРИТТЯ**

В статті наведено аналіз вентиляції на ділянці зварювання. Досліджено зміни концентрацій чадного газу та зварювального аерозолю, які утворюються при ручному электродуговому зварюванні та використанні електродів з основним типом покриття (УОНИ-13-45). Встановлено характер розповсюдження небезпечних газів та пилу у робочій зоні, що збільшує ризик потрапляння їх у зону дихання зварювальника та може бути причиною захворювань. Проведено дослідження зміни концентрації зварювального аерозолю при зварюванні електродом з основним типом покриття на різних відстанях від джерела утворення, в тому числі і безпосередньо біля органів дихання зварювальника, отримана залежність являє собою криву, яка монотонно спадає і асимптотично прагне до нуля при збільшенні відстані від джерела. Розглянуто необхідність проведення підготовки до процесу зварювання та вибір електродів з меншою кількістю забруднювальних викидів ЗА у повітря робочої зони. Проведено оцінку ефективності витяжної вентиляції на ділянці зварювання на відповідність вимогам нормативних документів і зроблені висновки, що використання тільки витяжної вентиляції без притивно-витяжної не може забезпечити прийнятний рівень забруднення у робочій зоні зварювання та у приміщенні.

**Ключові слова:** зварювання, електроди, монооксид вуглецю, зварювальний аерозоль, вентиляція.

**V. BEREZUCKYI, I. HONDAK, N. BEREZUTSKA, V. KHALIL**

### **ANALYSIS OF VENTILATION DURING WELDING USING ELECTRODES WITH THE BASIC COATING TYPE**

The article provides an analysis of ventilation for welding areas. Changes of concentrations of carbon monoxide and welding aerosol which are formed during manual arc welding and use of electrodes with the main type of coating (UONI-13-45), are investigated. The nature of the spread of hazardous gases and dust in the work area has been established, which increases the risk of them entering the welding zone of the welder and causing disease. A study was made of the change in the concentration of the welding aerosol when welding with electrodes with the main type of coating at various distances from the source of formation, including directly near the welder's respiratory organs, the obtained dependence is a curve that decreases monotonically and asymptotically tends to zero with increasing distance from the source. The necessity of preparing for the welding process and the selection of electrodes with less polluting emissions of welding aerosol into the air of the working zone are considered. The effectiveness of exhaust ventilation in the welding area was assessed for compliance with the requirements of regulatory documents and it was concluded that using only exhaust ventilation without supply and exhaust cannot provide an acceptable level of pollution in the welding working zone and in the room.

**Keywords:** welding; electrodes, carbon monoxide, welding aerosol, ventilation.

**Вступ.** Робоче місце зварювальника вважається, мабуть, одним з найбільш несприятливих місць для робочої діяльності людини з огляду на те, що під час технологічного процесу викидається значна кількість шкідливих речовин, а саме пил, дим, гази, частинки розплавленого металу тощо. Під час шліфувальних і зачищувальних робіт та газової різки металів у повітря виробничого середовища виділяється пил, який містить з'єднання марганцю, міді, заліза, цинку, свинцю [1,2].

Біологічні властивості електрозварювального пилу повно і добре описані в роботі [3], в якій аналізуються три основних гігієнічних показника шкідливості пилу: розчинність, затримка при диханні легеневою тканиною і фагоцитоз [4].

При зварюванні виділяється дим, який складається з суміші дуже дрібних частинок і газів.

Більшість компонентів диму, які виділяються

при зварюванні: хром, нікель, миш'як, азот, марганець, кремній, берилій, кадмій, оксиди азоту

хлорооксид вуглецю, акролеїн, сполуки фтору, свинець, озон, селен, і можуть бути надзвичайно токсичні і провокувати розвиток небезпечних «професійних» захворювань, несучих шкоду навколишньому середовищу. Теперішній час основним напрямом регулює параметрів повітря при зварюванні, залишає актуальним питанням є ефективності організації вентиляції у зварювальній зоні.

Одними з основних завдань вентиляції є:

- забезпечення подачі чистого повітря із без змін його складу і параметрів, безпосередньо до робочої зони;

- з погляду розміщення джерел шкідливих викидів у приміщенні, припливне повітря нале

створи систем витяжної вентиляції [5].

На ділянці зварювання при проектуванні системи вентиляції обов'язково враховують ступінь плення повітряних мас і безперерійність процесу иляції. Для цього окрім основної вентиляційної еми встановлюють аварійну вентиляцію.

За допомогою вентиляції відбувається:

- мінімізація концентрації шкідливих речовин, які ляються під час зварювальних робіт (місцева иляція);

- забезпечуються мікрокліматичні показники ю нормативних документів;

- видаляються забруднення із приміщення;

- забезпечується приплив чистого від забруднень ьга.

Мета роботи: оцінити ефективність витяжної иляції на ділянці зварювання на відповідність ьгам нормативних документів.

Основна частина. Практика показує, що иляція (витяжні пристрої, аспіраційні горілки, скі дихальні маски) в сукупності з комплексом ьвів технологічного і організаційного характеру ьває знизити концентрацію шкідливих речовин ьзначнодопустимих концентрацій (ГДК) і сприяє ьмому оздоровленню умов праці робітників в ьювальних цехах. Між цим не дивлячись на ьний розвиток сучасних технологій, процес ьювання з точки зору скорочення викидів ьливих речовин диму, в теперішній час є не ьоналеним[6].

Одним із сучасних напрямів зниження викидів є ьдження широко розвиваючих і впроваджених в ьництво процесів зварювання нестационарною ьсною дугою, які відрізняються тим, що ьляють менш викидів [7]. Але основним і ьльш ефективним засобом боротьби з ьдненням при процесі зварювання залишається ьляція [13].

Один з найбільш важливих моментів, якому ьється підвищена увага при організації ьції в цеху або ділянці зварювання - ьження якісних приладів для місцевого ьнення всіх шкідливих речовин, що виділяються в ьї зварювання. Якісна витяжка для ьвального поста - це не просто турбота про ья співробітника, але і зменшення шкоди для ьишнього середовища. Чим краще організована ьяція зварювального столу і добре відгороджене ьварювання - тим менше шкідливих речовин ьлять в атмосферу приміщення.

і практиці, місцеві відсмоктувачі здатні ьї і поглинути до 2/3 обсягу всіх отруйних ьї, що викидаються в повітря робочої зони для ьня решти, тобто 1/3 використовують ьно-витяжну систему вентиляції приміщення ьвається процес зварювання [8].

иляція зварювального поста в обов'язковому ь повинна бути обладнана потужними ьми системами, з розрахунку розподілу

иляції в цеху, 75% - на нижній [8].

Устаткування робочих зварювальних постів локальною системою відведення ефективно лише в тому випадку, коли мова йде про стаціонарні столи.

Загальний фон у вентиляованих цехах, як правило, не перевищує рівня ГДК. Але в зоні дихання зварювальника, що виконує ручні операції, зміст шкідливих компонентів зварювального аерозолу значно (у 7-10 разів) перевершує як фон, так і ГДК [9].

Дослідження. Для перевірки ефективності роботи витяжної вентиляції експеримент проводився на ділянці зварювання, яка є ізольованим приміщенням площею  $240 (15 \times 16) \text{ м}^2$ , висота приміщення - 6 м. У приміщенні встановлена система витяжної вентиляції. Дослідження спрямовані на визначення ефективності вентиляції в процесі зварювання, при використанні електродів з основним типом покриття, на утворення шкідливих речовин на робочому місці зварювальника та в приміщенні ділянки. Дослідження проводились в наступних умовах:

- 1) відносна вологість повітря 50-60%;
- 2) температура повітря в ділянці  $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- 3) атмосферний тиск 101325 Па;
- 4) швидкість руху повітря в приміщенні становить не більше  $0,1 \text{ м/с}$ ;

Найбільш простим і надійним методом визначення масової концентрації пилу є ваговий метод. Метод полягає у затримці пилу на фільтрі при протяжці через нього певного об'єму запиленого повітря (рис. 1).

Перед початком зварювання було визначено місце розташування зварювальника, на одному із 5 спроектованих зварювальних постів (рис. 2)

Для прямого (вагового) [10] визначення концентрації пилу було використано наступне обладнання: зварювальний апарат, пило-відсмоктувач, алонж, аналітичні аерозольні фільтри АФА-ВП-20 зі ступенем затримки аерозольних часток не менше 95% (рис. 1), а також терези лабораторні, секундомір.

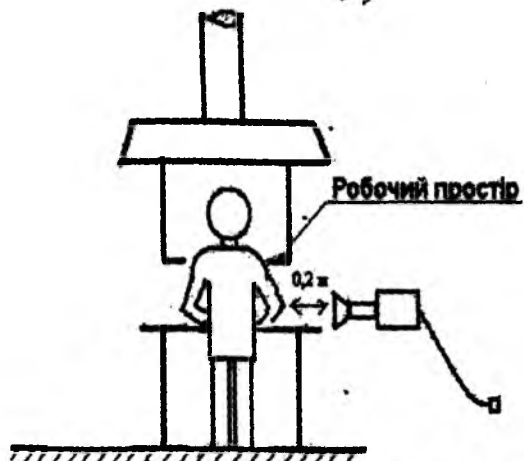


Рис. 1 - Робоче місце зварювальника при проведенні експерименту

На рис.2 висхідний план ділянки зварювання.

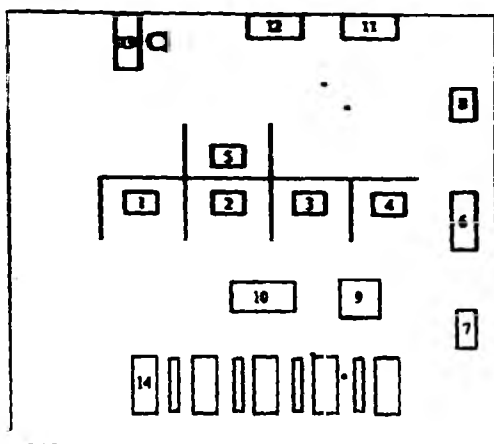


Рис.2 - План-схема ділянки зварювання  
 (1-5 місця для електродугового зварювання;  
 6-місце автоматичного зварювання;  
 7-місце контактного зварювання;  
 8-свердильний верстат; 9-фрезерний верстат;  
 10 заточувальний верстат; 11 шліфувальний верстат;  
 12 шафа з інструментами; 13-робоче місце з ПК;  
 14 письмові столи (5 шт))

В Україні вимірювання концентрації пилу регламентовано методичними рекомендаціями Міністерства охорони здоров'я України [10]. Згідно цих рекомендацій, концентрацію пилу вимірюють у зоні дихання або на відстані від неї не більш ніж 1-1,5 м і на висоті 1,8 м від підлоги. Якщо робоче місце не фіксоване, вимірювання концентрації пилу проводять у точках робочої зони, в яких працівник перебуває більш ніж 50% часу зміни.

Елементами, що зварювались, були зразки металу із сталі ВСТЗСП, товщиною 8 мм. У вітчизняній і зарубіжній практиці ручного дугового зварювання використовуються електроди з різними видами покриття: кислі, рутилі, целюлозні, основні (фтористо-кальцієві); а також змішані види покриття: рутилово-кислі (ільменітові), рутил-целюлозні, рутил-основні. На практиці одні з найбільш використовуваних електродів є електроди з основним видом покриття, тому зварювання виконували електродами УОНИ-13-45 із основним покриттям, діаметром електродів 3 мм. Сила електричного струму зварювання (I зварки) становила 200 А. Вибір режиму зварки та характеристика джерела живлення електричним струмом, вказують на формування зварювального аерозолу та наявність його негативного впливу на працівників у ділянці. Оцінка емісії зварювальних аерозолів (ЗА) на наявність та виміри концентрацій монооксиду вуглецю виконувались при ручному дуговому зварюванні в зоні зварювання під витяжним зонтом.

На робочому місці зварника витяжна вентиляція у формі зонти розміром  $0,82 \times 0,40 \text{ (м}^2\text{)}$  в якому 8 отворів у формі рівносторонніх трикутників, розміром  $0,05 \times 0,2 \times 0,2 \text{ (м}^3\text{)}$ . Швидкість руху повітря біля входу в отвори 1,3-1,6 (м/с).

На робочому місці на відстані 20 см від отворів швидкість руху повітря складає 0,2 м/с, а в області проведення зварювальних робіт на відстані 0,5 м (рис.3) швидкість руху повітря становить 0,05-0,1 м/с. Відомо, що до [11] при зварювальних роботах в ділянці допустимий висхідний швидкості руху повітря в області проведення зварювальних робіт варіюється від 0,4 до 1,0 (м/с). Тому можна зробити висновок, що витяжна вентиляція на ділянці працює не достатньо ефективно, бо шкідливі речовини із робочої зони, видаляються зі швидкістю, яка не відповідає нормативній.

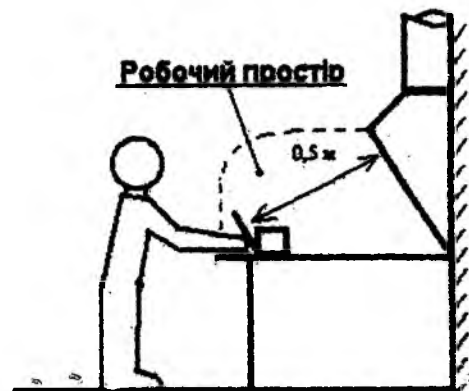


Рис.3 - Витяжна вентиляція (зонти) на робочому місці зварювальника

На інших робочих місцях (4 стаціонарних робочих місць) витяжна вентиляція виглядає у формі зонти розміром  $0,4 \times 0,82 \text{ (м}^2\text{)}$  з 12 вирізами у формі рівностороннього трикутника, розміром  $0,035 \times 0,2 \times 0,2 \text{ (м}^3\text{)}$ . Швидкість руху повітря біля входу в отвори дорівнює 1,6-1,9 (м/с). На робочому місці на відстані 0,5 м від отворів швидкість руху повітря складає 0,3 м/с, що також нижче норми.

За висновками експерименту табл.1 дослідження концентрації чадного газу, можна сказати що витяжна вентиляція також не ефективно.

Таблиця 1 - Результати досліджень концентрації чадного газу основними електродами

| № досліджень | Натуральні значення |      | Концентрація чадного газу (мг/м³) |
|--------------|---------------------|------|-----------------------------------|
|              | I, А                | t, с |                                   |
| 1            | 200                 | 300  | 1,1                               |
| 2            | 100                 | 300  | 0,8                               |
| 3            | 200                 | 60   | 0,7                               |
| 4            | 100                 | 60   | 0,5                               |
| 5            | 150                 | 180  | 0,6                               |

зростання концентрації чадного газу залежно від сили струму і тривалості зварювання для електродів з основним типом покриття представлено на рис.4.

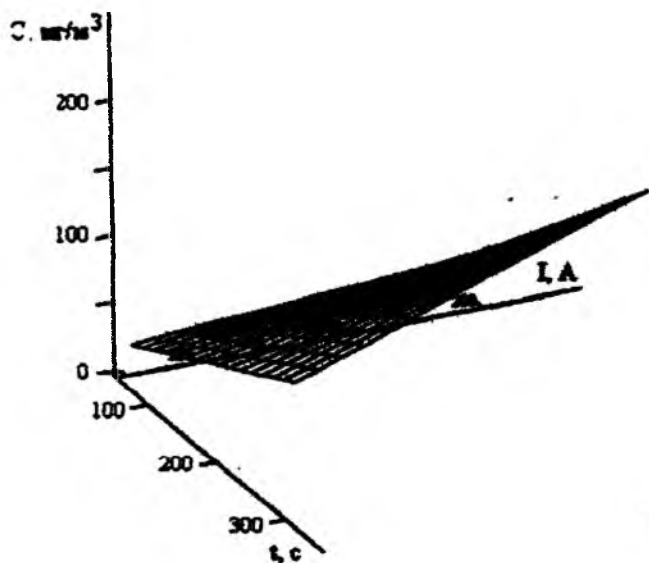


Рис. 4 - Залежність концентрації чадного газу від величини струму  $I$  і тривалості зварювання  $t$  для електроду з основним типом покриття.

Дослідження концентрації зварювального аерозолю, який виділявся від електродів з основним типом покриття, проводилось на відстані 0,2 м, 0,5 м, 1,0 м, при струмі 200 А і часі 180 с. Результати досліджень занесені в табл.2

Таблиця 2 - Результати досліджень концентрації зварювального аерозолю

| № дослідження  | Відстань, м             | $I, A$ | $t, c$ | Концентрація зварювального аерозолю, $mg/m^3$ |
|----------------|-------------------------|--------|--------|---|
| 1 (зразок №11) | 0,2                     | 200    | 180    | 2,0   |
| 2 (зразок №17) | 0,5                     | 200    | 180    | 1,2   |
| 3 (зразок №18) | 1,0                     | 200    | 180    | 0,5   |
| 4 (зразок №31) | біля рота зварювальника | 200    | 180    | 0,2   |

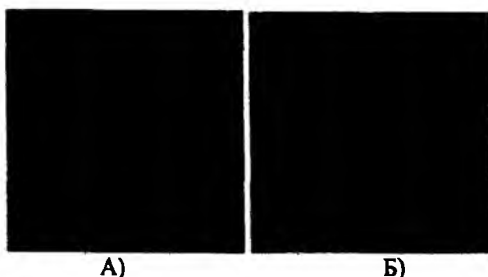


Рис.5 - Зразки, які отримано при зварюванні основними електродами з витяжною вентиляцією струм 200 А, час 180 с: №А на відстані від місця зварювання 0,2 м, Б) - 0,5 м, В) - 1,0 м, Г) - у зоні дихання зварювальника.

На рис.5 показані зразки фільтрів з уловленим зварювальним аерозолем при зварюванні електродами з основним типом покриття на різних відстанях:

- зразок № А отриманий при зварюванні основними електродами з витяжною вентиляцією струм 200 А, час 180 с, на відстані 0,2 м від місця зварювання.
- зразок № Б отриманий при зварюванні основними електродами з витяжною вентиляцією струм 200 А, час 180 с, на відстані 0,5 м від місця зварювання.
- зразок № В при зварюванні основними електродами з витяжною вентиляцією струм 200 А, час 180 с, на відстані 1,0 м від місця зварювання.
- зразок № Г отриманий при зварюванні електродами з основним типом покриття з використанням витяжної вентиляції при струмі 200 А, 180 с, безпосередньо біля органів дихання зварювальника

Згідно з експериментальними даними, наведеними в табл. 2, концентрація зварювального аерозолю зменшується при збільшенні відстані від джерела. Це дозволяє припустити, що математична модель залежності концентрації аерозолю від відстані до джерела може бути представлена поліномом другого ступеня:

$$C(L) = a + L \cdot b + L^2 \cdot k, \quad (1)$$

де  $C$  - концентрація аерозолю,  $mg / m^3$ ;  $L$  - відстань до джерела, м;  $a, b, k$  - невідомі коефіцієнти.

В результаті експерименту отримано три точки з координатами (0,2; 2,0), (0,5; 1,2), (1,0; 0,5). Математичну модель розраховано за допомогою універсального методу (інтерполяція, точна в вузлах) [14]. Складемо таку систему алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} 2,0 = a + 0,2b + 0,2^2 k \\ 1,2 = a + 0,5b + 0,5^2 k \\ 0,5 = a + 1,0b + 1,0^2 k. \end{cases} \quad (2)$$

Рішення системи рівнянь (2) методом Гаусса дає наступні результати:

$a=2,7$ ;  $b=3,8$ ;  $k=1,6$ . Підставивши отримані значення в рівняння (1), отримаємо математичну модель:

$$C(L) = 2,7 - 3,8L + 1,6L^2, \quad (3)$$

за умови:

$$0,2 \leq L \leq 1. \quad (4)$$

Графік функції (5), побудований в середовищі  
Mathcad, наведено на рис. 6

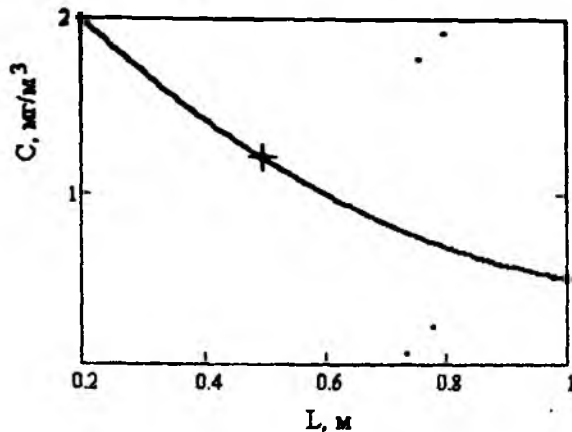


Рис. 6 - Залежність концентрації зварювального аерозолу від відстані до джерела

Отримана залежність являє собою криву, яка монотонно спадає і асимптотично прагне до нуля. Всі три точки, координати яких, визначені експериментально, збігаються з побудованою кривою.

У першому наближенні адекватність отриманого результату можна пояснити наступним чином. Аерозольні частинки в процесі зварювання розсіюються в верхню півсферу над робочим столом. За умови того, що джерело і середовище ізотропні, поверхнева щільність частинок на умовній півсфері обернено пропорційна квадрату її радіуса. Цим пояснюється нелінійність кривої.

Подальше підвищення точності моделі повинно бути пов'язане зі збільшенням експериментальних даних. Доцільно використання різних інтерполяційних функцій і методів інтерполяції з подальшою оцінкою точності і вибором найкращого результату [14; 15].

**Висновки.** Виконані дослідження та отримані результати забрудненості повітря робочої зони чадним газом і зварювальним аерозолом на ділянці зварювання, довели необхідність комплексного рішення щодо їх зниження.

Концентрація зварювального аерозолу зменшується при збільшенні відстані від джерела нелінійно.

Викиди зварювального аерозолу можуть потрапляти у зону дихання не тільки зварювальника, а також оточуючих при відсутності припливно-витяжної вентиляції та не ефективної місцевої витяжної вентиляції;

Використання тільки витяжної вентиляції без припливно-витяжної не може забезпечити припустимий рівень забруднень у робочій зоні зварювання та у приміщенні;

При відсутності припливно-витяжної вентиляції, обов'язково необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту та ефективні технічні прилади контролю концентрації чадного газу у зоні дихання працівника;

Необхідно проводити підготовку до процесу зварювання та робити вибір електродів з меншою

кількістю забруднюючих викидів ЗА у повітря робочої зони.

#### Список літератури:

1. *Березуцький В. В., Хондак І. І.* Зварювання металевих виробів та безпека // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії: зб. наук. пр. – Харків: НТУ "ХПІ", 2018.–№ 41 (1317). – С. 91-102.
2. *Демчина М.* Вплив компонентів зварювального аерозолу на здоров'я людини [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua/news/society/emergency/233003-vplyv-komponentiv-zvarivvalnoho-aerозоліu-na-zdorovia-liudyny>. 24.06.2016
3. *Мишай К.В.* Гигиена и безопасность труда при электросварочных работах в судостроении. – Л.: Медицина, 1975. – 74 с.
4. *Солодский С.А., Луговцова Н.Ю., Борисов И.С.* Снижение сварочных аэрозолей при дуговой сварке металлов // International journal of applied and fundamental research №6, 2015
5. *Жуковський С.С.* Ефективність загальнообмінної вентиляції щодо переміщення шкідливих речовин поза межі приміщення // Lviv Polytechnic National University Institutional.2004., С.72-78.
6. *Солодский С.А.* Снижение вредных выделений при дуговой сварке металлов Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 23-25 ноября 2011 г. – Юрга, 2011. – С. 124-126.
7. *Розе С.* Концепции возникновения и сокращения выбросов дыма, выделяющегося при сварке металлов в среде защитного газа с учетом новых вариантов процесса. Сварка и контроль. 2013. Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 125 летию изобретения Н.Г. Славяновым электродуговой сварки плавлением с электродами. Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета г.Пермь.2013.
8. Вентиляція сварочного цеха [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.ads-vent.ru/blog/ventilyaciya-svarochnego-cexa>
9. *Денисова Н.М.* Шляхи зниження забрудненості повітря робочої зони зварювальних дільниць // Вісник Чернівецького державного технологічного університету: Серія: Технічні науки. Чернівці: ЧНТУ, 2012. №3 (59).
10. МУ 4436-87 Методичні вказівки Міністерства охорони здоров'я України «Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия» №4436-87.
11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування приміщень.
12. *V. Berezutskyi, I. Hondak, N. Berezutka, V. Dmitrik, V. Gerasimov.* Assessment and prevention of the propagation of carbon monoxide over a working area at arc welding // European Journal of Enterprise Technologies, 3/10 (2016) p.38 - 48.
13. *Писаренко В.Л.* Вентиляция рабочих мест в машиностроительном производстве / Писаренко В.Л., Рогинский М.Л. М.: Машиностроение. 1981. – 120 с.
14. *Половко А.М.* MATHCAD для студента / А.М. Половко. – Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2006. – 128 с.
15. *Гурский Д.* Вычисления в MATHCAD 12/ Д. Гурский. – М.: «Питер», 2006. – 544 с.

#### Bibliography (transliterated):

1. *Berezutskij V. V., Hondak I. I.* Zvarjuvannja metaljevih виробів та безпека // Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu "ХПІ". Ser.: Innovacijni tehnologii ta obladnannja obrobki materijaliv u mashinobuduvanni ta metalurgii: zb. nauk. pr. – Харків: НТУ "ХПІ", 2018.–№ 41 (1317). – С. 91-102.
2. *Demchina M.* Vpliv komponentiv zvarivval'nogo аерозоліu на здоров'я людини [Elektronnij resurs] // Rezhim dostup: <https://city-adm.lviv.ua/news/society/emergency/233003-vplyv-komponentiv-zvarivvalnoho-aerозоліu-na-zdorovia-liudyny>. 24.06.2016

3. Migaj K.V. Gigiena i bezopasnost' truda -pri jelectrosvarochnyh rabotah v sudostroenii – L.: Medicina, 1975. – 74 s.
4. Solodskij S.A., Lagovcova N.Ju., Borisov I.S. Snizhenie svarochnyh ajerozolej pri dugovoj svarkie metallov // International journal of applied and fundamental research №6, 2015
5. Zhukovskij S.S. Efektivnist' zagal'noobminnoj ventiljacii shhodo peremishhennja shkidlivih rehovin poza mezhi primishhennja // Lviv Polytechnic National University Institutional.2004., S.72-78.
6. Solodskij S.A. Snizhenie vrednyh vydelenij pri dugovoj svarkie metallov Jekologija i bezopasnost' v tehnosfere : sovremennye problemy i puti reshenija: sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov, g. Jurga, 23-25 nojabrja 2017. S. 124-126. \*
7. Roze S. Koncepcii voznikovenija i sokrashhenija vybrosov dyma, vydeljajushhegosja pri svarkie metallov v srede zashhitno gaza s uchetom novyh variantov processa. Svarka i kontrol'. 2013. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii, posvjashhenoi 125 letiju izobretenija N.G. Slavjanovym jelektrodugovoi svarki plavjashhimsja jelektrodom. Izdatel'stvo Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. g.Perm' 2013.
8. Ventiljacija svarochnogo ceha [Elektronnij resurs] // Rezhim dostupu: <http://www.ads-vent.ru/blog/ventilyacija-svarochnogo-ceha>
9. Denisova N.M. Shljahi znizhennja zabrudnenosti povitrja robochoi zoni zvarjuval'nih dil'nic // Visnik Chernigiv'skogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu: Serija: Tehnicni nauki. Chernigiv. ChNTU, 2012. №3 (59).
10. MU 4436-87 Metodichni vkazivki Ministerstva ohoroni zdorov'ja Ukraini «Izmerenie koncentracii ajerozolej preimushhestvenno fibrogenno go dejstvija» №4436-87.
11. DBN V.2.5-67:2013 Opalennja, ventiljacija ta kondicionuvannja
12. V. Berezutskij, I. Hondak, N. Berezutskaja, V. Dmitrik, V. Gorbenko, V. Makarenko Assessment and prevention of the propagation of carbon monoxide over a working area at arc welding // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3/10 (99), 2019, p.38 - 48.
13. Pisarenko V.L. Ventiljacija rabochnih mest v svarochnom proizvodstve / Pisarenko V.L., Roginskij M.L. M.: Mashinostroenie. 1981. - 120 s.
14. Polovko A.M. MATHCAD dlja studenta / A.M. Polovko, I.V. Ganichev. -Sankt-Peterburg: «BHV-Peterburg», 2006. – 336 s.
15. Gurskij D. Vychislenija v MATHCAD 12/ D. Gurskij, E. Turbina. - M.: «Piter», 2006. - 544 s.

*Поступила (received) 15.06.2020*

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Березуцький Вячеслав Володимирович (Березуцкий Вячеслав Владимирович, Berezutskij Viacheslav Vladimirovich)** - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри "Безпека праці та навколишнього середовища" НТУ «ХП», м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7318-1039>, e-mail: [viaberezuc@gmail.com](mailto:viaberezuc@gmail.com)

**Хондак Інна Іванівна (Хондак Инна Ивановна, Hondak Inna Ivanivna)** – старший викладач, кафедра охорони праці ХНУРЕ, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6644-9968>, e-mail: [Inna.hondak@nure.ua](mailto:Inna.hondak@nure.ua)

**Березуцька Наталія Львівна (Березуцкая Наталья Львовна, Berezutskaja Natalija)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці ХНУРЕ, м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2573-9031>, e-mail: [ecoloji7@ukr.net](mailto:ecoloji7@ukr.net)

**Халіль Вікторія Вячеславівна (Халиль Виктория Вячеславовна, Khalil Viktorija)** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0222-7519>, e-mail: [viktorykh610@gmail.com](mailto:viktorykh610@gmail.com)