

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 электродами 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 при увеличении 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 и в помещении.

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

В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ, І. І. ХОНДАК, Н. Л. БЕРЕЗУЦЬКА, 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 електродами 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 забруднюючих 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 припливно-витяжної не може забезпечити припустимий рівень забруднень 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 may cause 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 area 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, газу, 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, азбест, марганець, кремній, берилій, кадмій, оксиди азоту,

хлороокісь вуглецю, акролеїн, сполуки фтору, оксид вуглецю, кобальт, мідь, свинець, озон, селен, і цинк можуть бути надзвичайно токсичні і провокувати розвиток небезпечних «професійних» захворювань і несучих шкоду навколишньому середовищу. На теперішній час основним напрямом регулювання параметрів повітря при зварюванні, залишається вентиляція, тому актуальним питанням є аналіз ефективності організації вентиляції у зварювального цеху.

Одними з основних завдань вентиляції є:

- забезпечення подачі чистого повітря із зовні, без змін його складу і параметрів, безпосередньо в робочу зону;

- з погляду розміщення джерел шкідливих виділень у приміщенні, припливне повітря належить

розподіляти в такий спосіб, аби шкідливі речовини якомога швидше покинули робочу зону і рухаючись, попадали в отвори систем витяжної вентиляції [5].

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

За допомогою вентиляції відбувається:

-мінімізація концентрації шкідливих речовин, які виділяються під час зварювальних робіт (місцева вентиляція);

-забезпечуються мікрокліматичні показники згідно нормативних документів;

-вилучаються забруднення із приміщення;

-забезпечується приплив чистого від забруднень повітря.

Мета роботи: оцінити ефективність витяжної вентиляції на ділянці зварювання на відповідність вимогам нормативних документів.

Основна частина. Практика показує, що вентиляція (витяжні пристрої, аспіраційні горілки, захисні дихальні маски) в сукупності з комплексом заходів технологічного і організаційного характеру дозволяє знизити концентрацію шкідливих речовин до граничнодопустимих концентрацій (ГДК) і сприяє значному оздоровленню умов праці робітників в зварювальних цехах. Між цим не дивлячись на значний розвиток сучасних технологій, процес зварювання з точки зору скорочення викидів шкідливих речовин диму, в теперішній час є не удосконаленим [6].

Одним із сучасних напрямів зниження викидів є дослідження широко розвиваючих і впроваджених в виробництво процесів зварювання нестационарною імпульсною дугою, які відрізняються тим, що виробляють менш викидів [7]. Але основним і найбільш ефективним засобом боротьби з забрудненням при процесі зварювання залишається вентиляція [13].

Один з найбільш важливих моментів, якому приділяється підвищена увага при організації вентиляції в цеху або ділянці зварювання - спорудження якісних приладів для місцевого відведення всіх шкідливих речовин, що виділяються в процесі зварювання. Якісна витяжка для зварювального поста - це не просто турбота про здоров'я співробітника, але і зменшення шкоди для навколишнього середовища. Чим краще організована вентиляція зварювального столу і добре відгороджене місце зварювання - тим менше шкідливих речовин потраплять в атмосферу приміщення.

На практиці, місцеві відсмоктувачі здатні вловити і поглинути до 2/3 обсягу всіх отруйних речовин, що викидаються в повітря робочої зони для видалення решти, тобто 1/3 використовують припливно-витяжну систему вентиляції приміщення де відбувається процес зварювання [8].

Вентиляція зварювального поста в обов'язковому порядку повинна бути обладнана потужними витяжними системами, з розрахунку розподілу

потужності за такою схемою: 25% спрямовані на верхній ярус виробничого 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 (15×16) м², 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 °С;
- 3) атмосферний тиск 101325 Па;
- 4) швидкість руху повітря в приміщенні становить не більше 0,1 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 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.

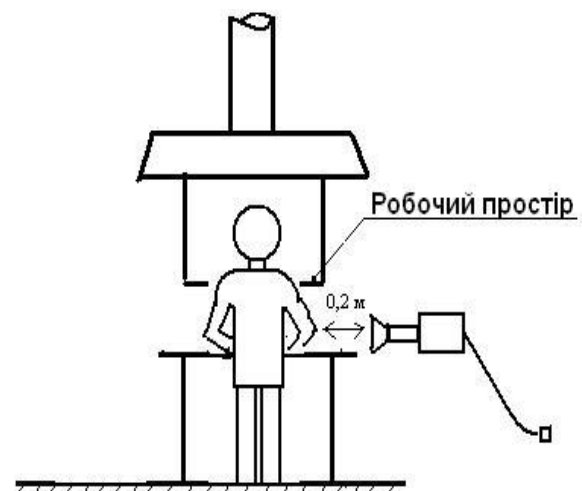


Рис.1 - Робоче місце зварювальника при проведенні експерименту

На рис.2 наведений план ділянки зварювання.

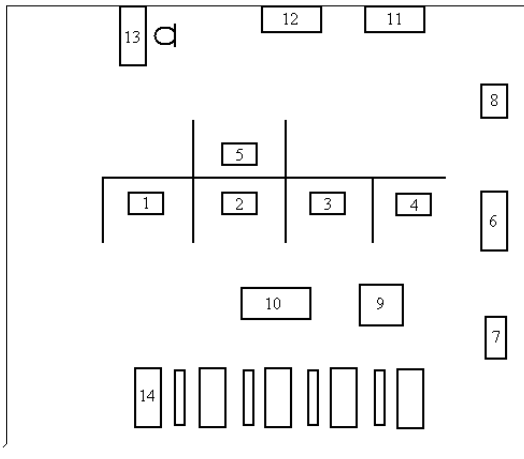


Рис.2 - План-схема ділянки зварювання
 (1-5 місця для електродугового зварювання;
 6-місце автоматичного зварювання;
 7-місце контактного зварювання;
 8-свердлильний верстат; 9-фрезерний верстат;
 10 заточувальний верстат; 11 шліфувальний верстат;
 12 шафа з інструментами; 13-робоче місце з ПК;
 14 письмові 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, рутилові, 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 ділянки. Оцінка емісій 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 $0,82 \times 0,40$ (m^2) в якому 8 отворів у формі рівносторонніх трикутників, розміром $0,05 \times 0,2 \times 0,2$ (m^3). 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. Відповідно до [11] при зварювальних роботах в ділянки допустимий показник 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 (зонт) на робочому місці зварювальника

На інших робочих місцях (4 стаціонарних робочих місць) витяжна вентиляція виглядає у формі зонти розміром $0,4 \times 0,82$ (m^2) з 12 вирізами у формі рівностороннього трикутника, розміром $0,035 \times 0,2 \times 0,2$ (m^3). 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 0,2–0,3 м/с, що також нижче норми.

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

Таблиця 1 - Результати досліджень по СО з основними електродами

№ досліджень	Натуральні значення		Концентрація СО, мг/м ³
	I, А	t, с	
1	200	300	98
2	100	300	86
3	200	60	67
4	100	60	50,1
5	150	180	106,2

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

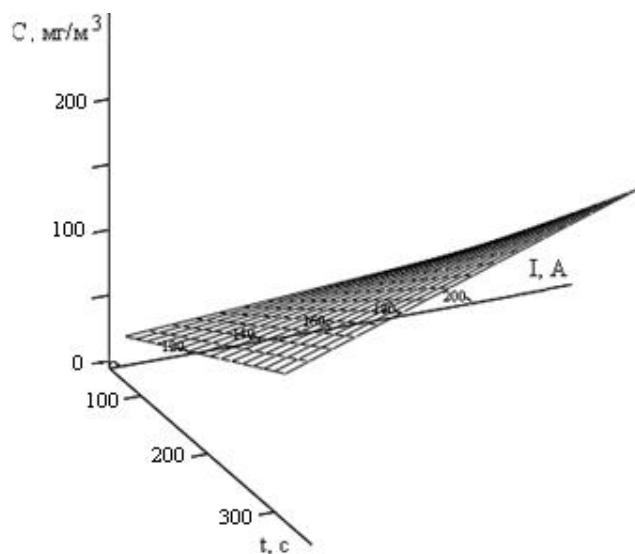
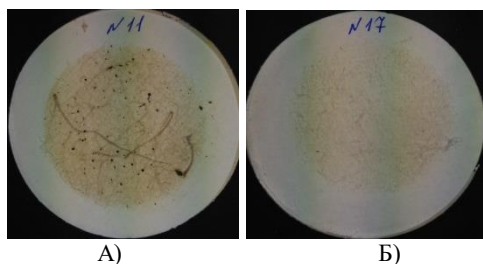


Рис. 4 - Залежність концентрації чадного газу від величини струму I і тривалості зварювання t для електроду з основним типом покриття.

Дослідження концентрації зварювального аерозолу, 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

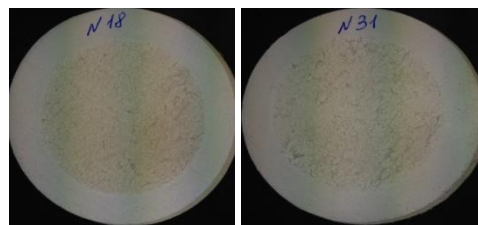
Таблиця 2 - Результати досліджень концентрації зварювального аерозолу

№ дослідження	Відстань, м	I, A	t, c	Концентрація зварювального аерозолу, 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



А)

Б)



В)

Г)

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 аерозолу зменшується при збільшенні відстані від джерела. Це дозволяє припустити, що математична модель залежності концентрації аерозолу 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 аерозолу, 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), отримуємо 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 (3), побудований в середовищі Mathcad, показан на рис. 6

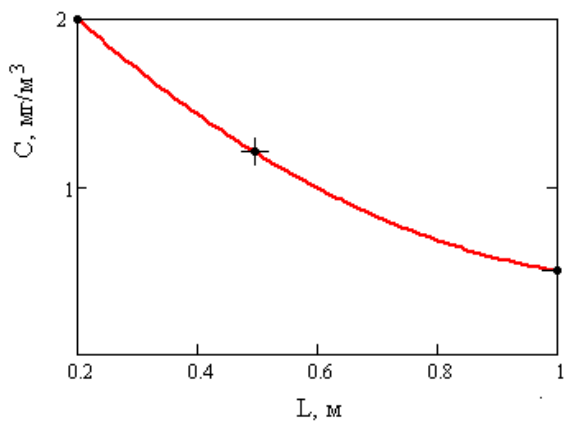


Рис. 6 - Залежність концентрації зварювального аерозолю від відстані до джерела

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 аерозолем на ділянці зварювання, довели необхідність комплексного рішення щодо їх зниження.

Концентрація зварювального аерозолю зменшується при збільшенні відстані від джерела не лінійно.

Викиди зварювального аерозолю 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 аерозолю на здоров'я людини [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua/news/society/emergency/233003-vplyv-komponentiv-zvariivalnoho-aerozolju-na-zdorovia-liudyny>. 24.06.2016
3. *Мигай 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. *Жуковский С.С.* Эффективность 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 2017. С. 124-126.
7. *Роце 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 плавящимся электродом. Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета. г.Пермь.2013.
8. Вентиляция сварочного цеха [Електронний ресурс] // Режим до ступу: <http://www.ads-vent.ru/blog/ventilyaciya-svarochnogo-ceha>
9. *Денисова Н.М.* Шляхи зниження забрудненості повітря робочої зони зварювальних дільниць // Вісник Чернігівського державного технологічного університету: Серія: Технічні науки. Чернігів: 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
12. *V. Berezutskiy, I. Hondak, N. Berezutskaya, 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. *Писаренко В.Л.* Вентиляция рабочих мест в сварочном производстве / Писаренко В.Л., Рогинский М.Л. М.: Машиностроение. 1981. - 120 с.
14. *Половко А.М.* МАТНСАД для студента / А.М. Половко, И.В. Ганичев.-Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2006. – 336 с.
15. *Гурский Д.* Вычисления в МАТНСАД 12/ Д. Гурский, Е. Турбина. - М.: «Питер», 2006. - 544 с.

Bibliography (transliterated):

1. *Berezutskij V. V., Hondak I. I.* Zvarjivannja metaljevih virobiv ta bezpeka // Visnik Nacional'nogo tehnicnogo universitetu "HPI". Ser.: Innovacijni tehnologii ta obladnannja obrobki materialiv u mashinobuduvanni ta metalurgii: zb. nauk. pr. – Harkiv : NTU "HPI", 2018.–№ 41 (1317). – С. 91-102.
2. *Demchina M.* Vpliv komponentiv zvarjuval'nogo aerozolju na zdorov'ja ljudini [Elektronnij resurs] // Rezhim dostupu: <https://city-adm.lviv.ua/news/society/emergency/233003-vplyv-komponentiv-zvariivalnoho-aerozolju-na-zdorovia-liudyny>. 24.06.2016

3. Migaj K.V. Gigiena i bezopasnost' truda pri jeleksrovarochnyh rabotah v sudostroenii. – L.: Medicina, 1975. – 74 s.
4. Solodskij S.A., Lugovcova N.Ju., Borisov I.S. Snizhenie svarochnyh ajerozolej pri dugovoj svarke metallov // International journal of applied fnd fundamental research №6, 2015
5. Zhukovs'kij S.S. Efektivnist' zagal'noobminnoj ventiljacii shhodo peremishhennja shkidlivih rechovin poza mezhi primishhennja // Lviv Polytechnic National University Institutional.2004., S.72-78.
6. Solodskij S.A. Snizhenie vrednyh vydelenij pri dugovoj svarke metallov Jekologija i bezopasnost' v tehnosfere : sovremennye problemy i puti reshenija: sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov, g. Jurga, 23-25 nojabrja 2017. S. 124-126.
7. Roze S. Konceptii voznikovenija i sokrashhenija vybrosov dyma, vydylajushhegosja pri svarke metallov v srede zashhitnogo gaza s uchetom novyh variantov processa. Svarka i kontrol'. 2013. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhenoj 125 letiju izobretenija N.G. Slavjanovym jelektrodugovoj 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/ventilyaciya-svarochnogo-ceha>
9. Denisova N.M. Shljahi znizhennja zabrudnenosti povitrja robochoj zoni zvarjuval'nih dil'nic' // Visnik Chernigivs'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu: Serija: Tehnichni nauki. Chernigiv: ChNTU, 2012. №3 (59).
10. MU 4436-87 Metodichni vkazivki Ministerstva ohoroni zdorov`ja Ukraїni «Izmerenie koncentracii ajerozolej preimushhestvenno fibrogenogo dejstvija» №4436-87.
11. DBN V.2.5-67:2013 Opalennja, ventiljacija ta kondicionuvannja
12. V. Berezutskiy, 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 (Березуцький Вячеслав Владимирович, Berezutskiy Viacheslav Vladimirovich) - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри "Безпека праці та навколишнього середовища" НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7318-1039>, e-mail: viaberezuc@gmail.com

Хондак Інна Іванівна (Хондак Інна 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

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

Халіль Вікторія Вячеславівна (Халиль Виктория Вячеславовна, Khalil Viktoriia) – 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