

О. Г. Левченко, д-р техн. наук; А. О. Лук'яненко, канд. техн. наук
(Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ КОНЦЕНТРАЦІЙ МАРГАНЦЮ В ЗОНІ ДИХАННЯ ЗВАРНИКА ВІД ПАРАМЕТРІВ МІСЦЕВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Аналіз стану повітряного середовища зварювальних цехів і ділянок свідчить, що й дотепер проблеми локалізації шкідливих речовин на ділянках автоматичного, механізованого та ручного зварювання ще не вирішені [1-3]. Оскільки місцева вентиляція базується на видаленні зварювальних аерозолів (далі – ЗА) безпосередньо від місця їх утворення, то вона запобігає розповсюдженню ЗА в усьому приміщенні та надходженню його в зону дихання зварника [4]. Але використання засобів місцевої вентиляції не дають бажаних результатів, оскільки ефективність їх зменшується при зварюванні повздовжніх швів, що призводить до забруднювання повітря в зварювальному цеху. Тому через відсутність ефективних місцевих відсмоктувачів та пилегазоуловлювачів не забезпечено належних санітарних норм у робочій зоні. Натомість вміст шкідливих речовин (аерозолів і газів) у повітрі виробничих приміщень найчастіше значно (іноді в десятки і більше разів) перевищує гранично допустимі концентрації (далі – ГДК). Так у зоні дихання зварників концентрація аерозолу досягає 20...60 мг/м³ (ГДК 4 мг/м³) [5].

Забезпечення необхідної чистоти повітря в робочій зоні виробничого приміщення при правильній організації технологічного процесу досягається шляхом раціонального поєднання місцевої витяжної, загальнообмінної, припливно-витяжної вентиляції та ефективного очищення повітря, що видаляється. З огляду на велику різноманітність зварювальних матеріалів і відповідних технологій, завдання щодо правильного вибору засобів захисту є актуальним. Відтак останнім часом медики звертають увагу на значне зростання рівня професійних захворювань органів дихання, тож велика увага приділяється як питанням впливу шкідливих виробничих факторів на стан здоров'я зварника, так і засобам зниження їх впливу.

З метою підвищення ефективності засобів місцевої вентиляції та вибору їх оптимальних параметрів виконано теоретичні дослідження залежностей концентрацій шкідливих речовин зварювальних аерозолів у зоні дихання зварника від витрати повітря, що видаляється місцевим витяжним пристроєм, і відстані до всмоктувального отвору.

Для встановлення концентрацій шкідливих речовин в зоні дихання зварника залежно від витрат повітря, що видаляється (за необхідної ефективності уловлювання ЗА) і відстані від всмоктувального отвору до заданої точки, було виконано обчислення за відомими формулами (1) і (2) [6] для ручного дугового зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей (найбільш розповсюджений клас сталей) електродами з рутиловим покриттям АНО-ТМ, що забезпечує мінімальне виділення шкідливих речовин, і рутил-целюлозним покриттям АНО-36, що характеризується більш високим рівнем виділення ЗА. В цьому випадку компонентом, що визначає повітрообмін, є марганець [7].

Так концентрацію марганцю (мг/м^3) на вході у всмоктувальний отвір місцевого витяжного пристрою при заданій витраті повітря, що видаляється, обчислювали за формулою (1) [6]:

$$C_i = \frac{V_i(1 - \varepsilon)}{Q_{\text{тМ}}}, \quad (1)$$

де V_i – інтенсивність виділення шкідливої речовини (марганцю), г/год. ;

ε – коефіцієнт уловлювання ЗА, % мас.;

$Q_{\text{тМ}}$ – витрата повітря, що видаляється, $\text{м}^3/\text{год.}$

Концентрацію марганцю на вході у всмоктувальний отвір залежно від відстані до всмоктувального отвору було розраховано за формулою (2) [6]:

$$C_i = \frac{0,25V_i}{4,1 \cdot 10^4 x^2 v_x / (K_x \psi)}, \quad (2)$$

де V_i – інтенсивність виділення шкідливої речовини (марганцю), г/год. ;

x – відстань від всмоктувального отвору до заданої точки, м. ;

v_x – задана швидкість в точці зварювання, м/с. ;

K_x – коефіцієнт, що враховує відстань до всмоктувального отвору;

ψ – коефіцієнт, що враховує вплив обмежувальних поверхонь на швидкість у спектрі всмоктування.

Результати розрахунків показали, що ці концентрації марганцю знижуються зі збільшенням витрат повітря, що видаляється (рис. 1).

При цьому існують визначені значення витрат повітря, за яких концентрація шкідливої речовини дорівнює ГДК і, починаючи з яких збільшення витрат повітря зменшує вміст цих речовин у повітрі робочої зони нижче ГДК. Так для ефективного уловлювання ЗА, що утворюється під час зварювання електродами з рутиловим і рутил-целюлозним покриттями, необхідно забезпечити видалення повітря місцевим відсмоктувачем з витратою не менше $1500 \text{ м}^3/\text{год.}$ (для вивчення вибрано діапазон $1000 \dots 2500 \text{ м}^3/\text{год.}$).

Зі збільшенням відстані від всмоктувального отвору вміст марганцю також знижується (рис. 3), тобто ЗА, що виділяється виявляються, є максимально сконцентрованими на ділянці їх руху із зони зварювальної дуги до всмоктувального отвору місцевого витяжного пристрою. Таким чином, чим далі від цієї зони знаходиться зварник, тим менше він піддається шкідливому впливу ЗА.

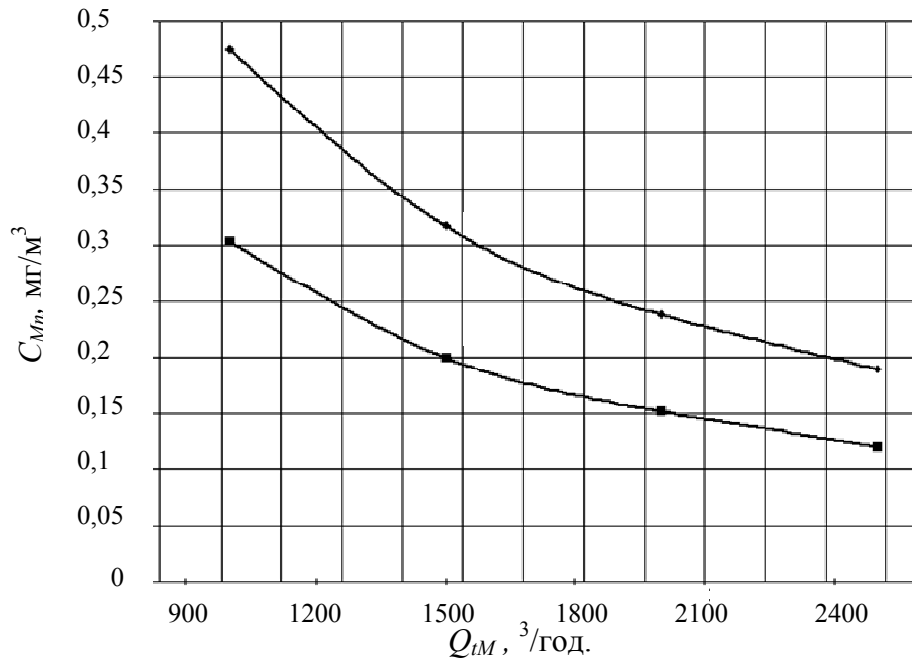


Рис. 1. Залежність вмісту марганцю на вході у всмоктувальний отвір від витрати повітря, що видаляється, за експериментальними даними:

■ – для електродів з рутиловим покриттям;

◆ – для електродів з рутил-целюлозним покриттям

Статистична обробка даних за допомогою регресійного аналізу $C_i = f(Q_{тМ})$, зображених на рис. 1, дозволила встановити, що вони добре описуються залежністю

$$C_i = \frac{k}{Q_{тМ}}, \quad (3)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, що враховує вплив витрати повітря на C_i .

Після зазначеної обробки ця залежність має вигляд таких рівнянь і графіків (рис. 2) для електродів:

з рутиловим покриттям

$$C_{Mn} = \frac{306,2}{Q_{тМ}}, \quad (4)$$

з рутил-целюлозним покриттям

$$C_{Mn} = \frac{473,2}{Q_{тМ}}. \quad (5)$$

Точність отриманих залежностей, оцінена за коефіцієнтом кореляції, для обох рівнянь становить $R^2 = 1$.

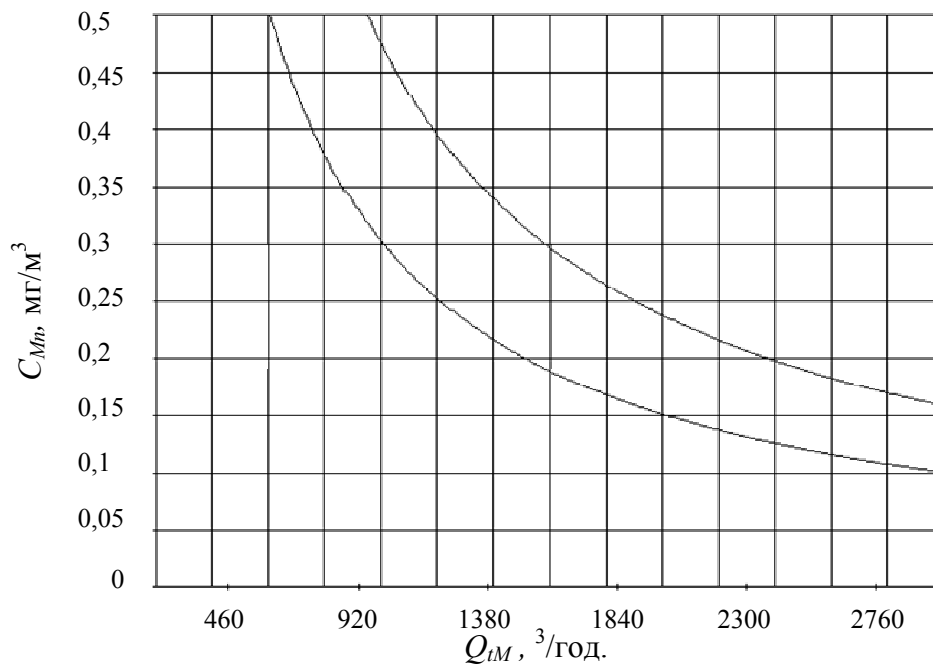


Рис. 2. Залежність вмісту марганцю на вході у всмоктувальний отвір від витрати повітря розрахована за формулами (4) і (5): нижня крива – для електродів з рутиловим покриттям 1; верхня крива – для електродів з рутил-целюлозним покриттям

Статистична обробка даних за допомогою регресійного аналізу $C_i = f(x)$, представлених на рис. 3, дозволила встановити, що вони добре описуються рівняннями, які графічно зображені на рис. 4.

Для електродів:

з рутиловим покриттям

$$C_{Mn} = \frac{0,0042}{x\sqrt{x}}, \quad (6)$$

з рутил-целюлозним покриттям

$$C_{Mn} = \frac{0,0064}{x\sqrt{x}}, \quad (7)$$

де x – відстань до всмоктувального отвору.

Точність отриманих залежностей, оцінена за коефіцієнтом кореляції, для обох рівнянь становить $R^2 = 0,99$.

Таким чином, ці рівняння дозволяють розрахувати концентрації марганцю в різних точках робочої зони при застосуванні місцевих витяжних пристроїв продуктивністю від 1000 до 2500 м³/год, що необхідно для вибору оптимальних параметрів продуктивності цих пристроїв, їх розміщення, а також для вибору робочого місця зварника з мінімальним вмістом ЗА.

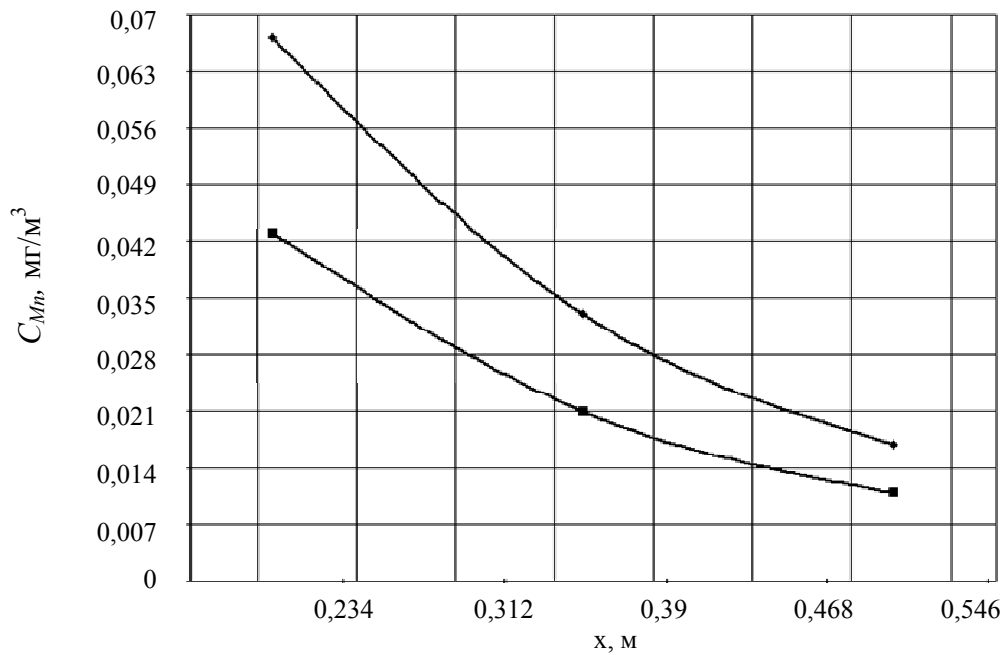


Рис. 3. Залежність вмісту марганцю в повітрі робочої зони від відстані до всмоктувального отвору за експериментальними даними:
 ■ – для електродів з рутиловим покриттям;
 ◆ – для електродів з рутил-целюлозним покриттям

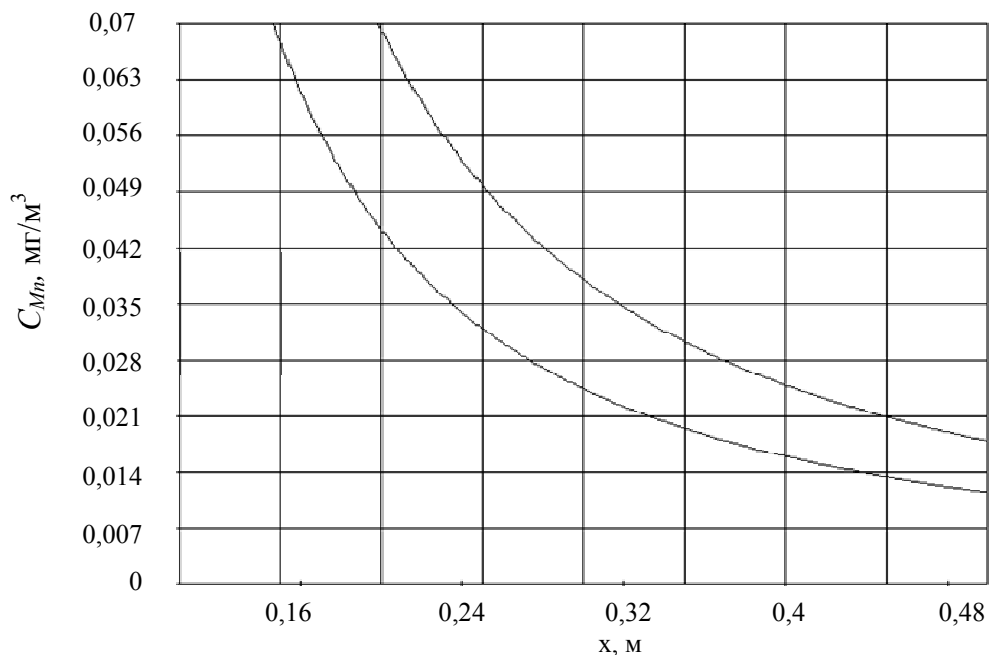


Рис. 4. Залежність вмісту марганцю в повітрі робочої зони від відстані до всмоктувального отвору розрахована за формулами (6) і (7):
 нижня крива – для електродів з рутиловим покриттям;
 верхня крива – для електродів з рутил-целюлозним покриттям

Розрахунки, що застосовувалися дотепер [8, 9], ґрунтуються лише на геометричних та кінетичних характеристиках витяжних пристроїв місцевої вентиляції і не враховують хімічний склад ЗА, що виділяються. Як видно з результатів роботи, цей фактор також впливає на необхідну

витрату повітря, що видаляється і має враховуватися в розрахунках. Тому більш точні розрахунки можна виконувати за запропонованою в цій роботі методикою, яку було використано під час розробки фільтровентиляційних агрегатів ТЕМП-1750, ТЕМП-2000, ТЕМП-2500 [10].

Аналіз отриманих залежностей показує досить високий збіг експериментальних і розрахункових даних (рис. 5 і 6).

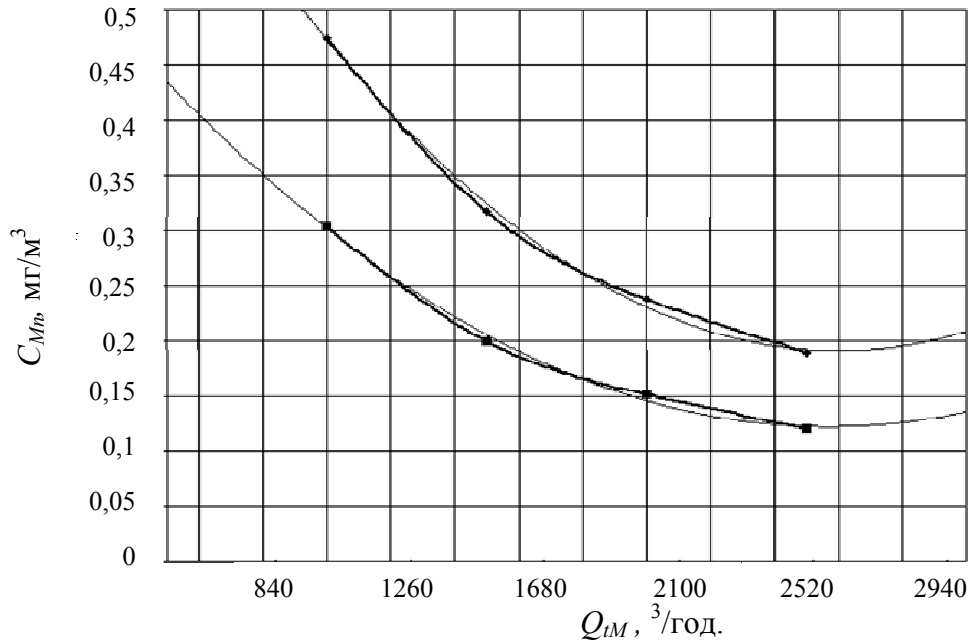


Рис. 5. Експериментальні та розрахункові залежності вмісту марганцю на вході у всмоктувальний отвір від витрати повітря: ■ – для електродів з рутиловим покриттям; ♦ – для електродів з рутил-целюлозним покриттям

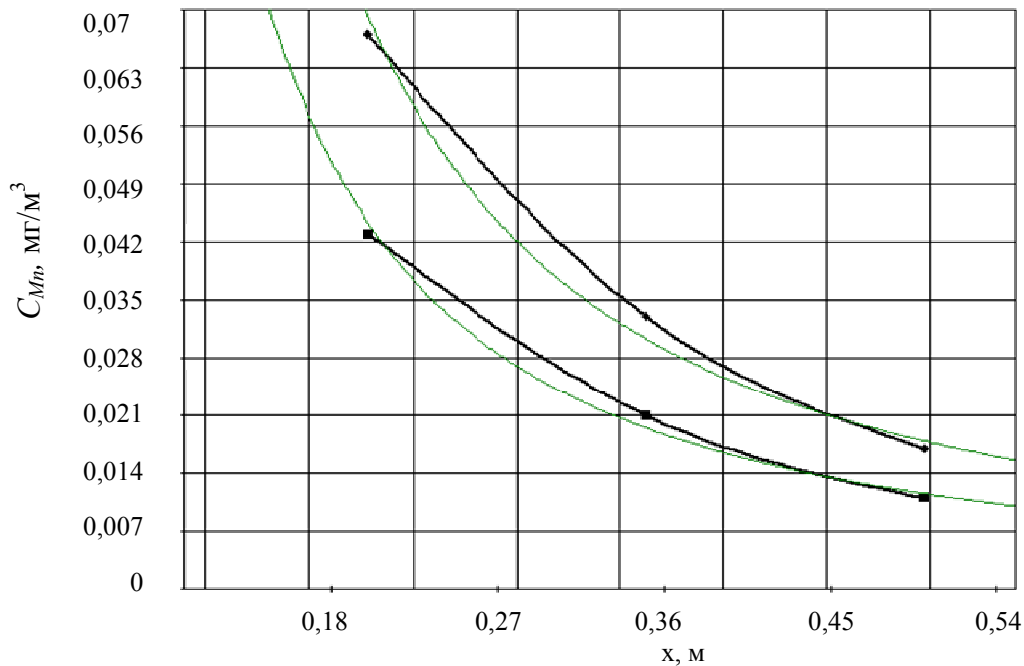


Рис. 6. Експериментальні та розрахункові залежності вмісту марганцю в повітрі робочої зони від відстані до всмоктувального отвору: ■ – для електродів з рутиловим покриттям; ♦ – для електродів з рутил-целюлозним покриттям

Розрахункові дані (табл. 1) також свідчать про переваги місцевої вентиляції Q_t^{MB} порівняно з загальнообмінною Q_t^{36} .

Таблиця 1

**Розрахункові характеристики
місцевої та загально обмінної вентиляції для зварювання електродами
з рутіловим та рутил-целюлозним покриттями**

Покриття електродів	V_{Mn}^{max} , г/ГОД.	$Q_t^{ЗВ}$, м ³ /ГОД.	Q_t^{MB} , м ³ /ГОД ($\epsilon = 0,75$)	Q_{tm} , м ³ /ГОД.	C_{Mn}^{BX} , мг/м ³
Рутілові	1,38	6900	1725	1000	0,304
				1500	0,200
				2000	0,152
				2500	0,121
Рутил-целюлозні	2,16	10800	2700	1000	0,475
				1500	0,317
				2000	0,238
				2500	0,190

Висновки

Для зниження до гранично допустимої концентрації вмісту марганцю, що утворюється під час зварювання зазначеними електродами, за допомогою загальнообмінної вентиляції необхідно видаляти в 4 рази більше повітря, ніж під час застосування комбінованої вентиляції, тобто місцевої (з $\epsilon = 0,75$) та загальнообмінної одночасно.

Це дозволяє знизити витрати на електроенергію для роботи загальнообмінної вентиляції та на підігрівання припливного повітря в холодну пору року.

Якщо місцевим відсмоктувачем застосовувати фільтровентиляційний агрегат і повертати очищене повітря знову до виробничого приміщення, то це також дасть додатковий економічний ефект за рахунок економії енергії на вентиляванні та підігріванні повітря. При цьому окупність фільтровентиляційного агрегату становитиме від 2 до 12 місяців [6]. Застосування місцевої вентиляції для забезпечення необхідної чистоти повітря дозволяє на 10...20 % збільшити продуктивність праці [11], знизити рівень захворюваності та пов'язані з цим витрати на охорону здоров'я й соціальної сфери.

Список літератури

1. Лубянова И. П. Характер и структура производственно обусловленных заболеваний у сварщиков // Довкілля та здоров'я. – 1999. – № 3. – С. 51–57.
2. Горбань Л. Н., Метлицкий В. А., Эннан А. А. Условия труда и здоровье сварщиков: современные проблемы и пути их решения // Сварочное производство. – 1995. – № 6. – С. 31–32.
3. Левченко О. Г., Павлык А. О. Проблемы охраны труда сварщиков // Автоматическая сварка. – 2006. – № 12. – С. 40–43.
4. Улучшение состояния воздушной среды в сборочно-сварочных цехах / [М. И. Гримитлин, С. Ю. Кондрашов, И. С. Алексеева и др.] // Охрана труда в условиях интенсификации производства. – Ленинград, 1987. – С. 40–67.
5. Гримитлин М. И. Вентиляция: современное состояние и перспективы развития // Инженерные системы. – 2001. – № 1. – С. 23–28.
6. Левченко О. Г. Теоретические основы расчета местной вытяжной вентиляции в сварочном производстве // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 4. – С. 71–75.
7. Банк данных сварочных аэрозолей / [В. Ф. Демченко, О. Г. Левченко, В. А. Метлицкий, С. С. Козлитина] // Сварщик. – 2000. – № 4. – С. 29.
8. Гримитлин М. И., Лифшиц Г. Д., Позин Г. М. Теоретические основы расчета местных вытяжных устройств в сварочном производстве // Актуальные проблемы вентиляции и экологической безопасности в сварочном производстве: Материалы краткосрочного семинара, Ленинград, 5-6 июля 1990 г. – Ленинград : О-во «Знание» РСФСР, 1990. – С. 12–19.
9. Местные вытяжные устройства к оборудованию для сварки и резки металлов: Метод. Указания по проектированию. – Ленинград : ВЦСПС, 1980. – 52 с.
10. Левченко О. Г., Лук'яненко А. О., Агасьян Н. Ю. Нові моделі фільтро-вентиляційних агрегатів для робочих місць зварників // Проблеми охорони праці в Україні. – К. : ННДІПБОП, 2011. – Вип. 20. – С. 86–92.
11. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / М. И. Гримитлин, О. Н. Тимофеева, В. М. Эльтерман и др. – М. : Машиностроение, 1978. – 272 с.

Дата подання статті до збірника – 13.11.2013