

ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОЗДОРОВЛЕНИЮ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРИ СВАРКЕ

А. А. МАЗУР, канд. экон. наук, С. В. ЗАЯЦ, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены формулы расчета экономического эффекта от снижения токсичности сварочных материалов и применения фильтровентиляционных установок.

Ключевые слова: сварка, вентиляция, сварочные материалы, эмпирические методы, экономический эффект, затраты, предельно допустимые концентрации, токсичность, воздушная среда, фильтровентиляционные установки

При определении целесообразности разработки и внедрения мероприятий по оздоровлению условий труда сварщиков необходимо использовать социально-экономические методы. Как показывает практика, для снижения затрат на обеспечение требуемой чистоты воздуха в зоне дыхания сварщиков и сборочно-сварочном цехе в целом могут быть использованы следующие методы [1]:

применение менее токсичных сварочных материалов (как следствие, снижение требуемых объемов воздуха для растворения выделяющихся при сварке вредных веществ до уровней предельно допустимых концентраций (ПДК));

применение фильтровентиляционных установок (ФВУ) и других видов местной вентиляции, обеспечивающих снижение требуемых объемов вентиляции на 75...80 %;

снижение нормативов ПДК и уменьшение требуемых объемов вентиляции при одних и тех же валовых объемах выделенных вредных веществ;

гигиеническая оптимизация режимов сварки, т. е. сварки на режимах, обеспечивающих пониженные валовые выделения вредных веществ, в том числе в твердых составляющих сварочных аэрозолей (ТССА).

Учет всего комплекса положительных экономических и социальных факторов на практике затруднен из-за отсутствия на сегодня необходимых статистических данных и некоторых нормативных показателей. Поэтому для оценки на предпроектной стадии уровня приведенных затрат и экономического эффекта могут быть использованы эмпирические зависимости, выведенные по результатам анализа внедренных проектов вентиляции сварочных цехов [2].

Ожидаемая величина годовых приведенных затрат на общеобменную вентиляцию ($Z_{пр} = C + E_n K$, где C — себестоимость работ; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K — требуемые капитальные вложения) на предпроектной стадии может определяться по формуле

$$Z_{пр} = nkNV \text{ [тыс. грн.],} \quad (1)$$

где n — количество сварочных постов, ед.; k — коэффициент уравнения, тыс. грн. (тыс. м³) (при двухсменном режиме работы $k = 1,95$, при односменном — $0,95$); N — среднечасовой расход сварочных материалов на одном сварочном посту, кг/ч; V — объем воздуха, необходимый для разбавления вредных веществ, выделяющихся при использовании 1 кг сварочных материалов, до ПДК, тыс. м³/кг.

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_r при замене одного сварочного материала другим, менее токсичным, на предпроектной стадии оценивается по формуле

$$\mathcal{E}_r = Z_{пр1} - Z_{пр2} = nkN(V_1 - V_2) \text{ [тыс. грн.],} \quad (2)$$

где V_1 и V_2 — объем воздуха, необходимый для разбавления вредных веществ соответственно при базовом и внедряемом варианте, тыс. м³/кг [3].

Приведенные затраты $Z_{пр}^r$ на общеобменную вентиляцию при использовании 1 т сварочных материалов и экономический эффект \mathcal{E}_r от применения указанного количества сварочных материалов с пониженной токсичностью могут быть оценены по формулам

$$Z_{пр}^r = \frac{kV}{4} \text{ [тыс. грн.];} \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_r = \frac{k(V_1 - V_2)}{4} \text{ [тыс. грн.].} \quad (4)$$

Сегодня в сварочных цехах часто используются комбинированные системы вентиляции (общеобменная вентиляция и фильтровентиляционные установки (ФВУ)). В этом случае формула (1) примет вид

$$Z'_{пр} = n[kNV(1 - \eta) + 9,0] \text{ [тыс. грн.],} \quad (5)$$

где η — доля сварочного аэрозоля, удаляемого с помощью ФВУ (обычно $\eta = 0,75$); 9,0 — коэффициент уравнения, который может быть принят равным стоимости используемой ФВУ, тыс. грн.

Тогда с учетом (5) формула (2) для оценки годового экономического эффекта может быть представлена в виде



$$\mathcal{E}'_r = \mathcal{E}'_{пр1} - \mathcal{E}'_{пр2} = nkN(1 - \eta)(V_1 - V_2) \text{ [тыс. грн.]}. \quad (6)$$

Соответственно выражение (3) для оценки приведенных затрат можно записать следующим образом:

$$\mathcal{E}'_{пр} = \frac{kN(1 - \eta) + 9,0}{4} \text{ [тыс. грн.]}. \quad (7)$$

Формула для оценки экономического эффекта от использования 1 т сварочных и присадочных материалов с пониженной токсичностью в условиях комбинированной вентиляции примет вид

$$\mathcal{E}'_r = \frac{k(V_1 - V_2)(1 - \eta)}{4} \text{ [тыс. грн.]}. \quad (8)$$

Подставив в формулу (6) общепринятые значения $\eta = 0,75$ и $V_1 - V_2 = 0,3V_1$ для оценки годового экономического эффекта от внедрения комбинированной вентиляции получаем следующую формулу, которую можно использовать на предпроектной стадии и на начальных стадиях проектирования:

$$\mathcal{E}'_r = 0,1nkNV \text{ [тыс. грн.]}. \quad (9)$$

Применение комбинированной вентиляции позволяет не только оздоровить воздушную среду при сварке, но и получить тем больший экономический эффект, чем выше токсичность используемых сварочных материалов, интенсивность их расхода и степень улавливания сварочных аэрозолей (СА).

Результаты выполненных в НИИ гигиены труда и профзаболеваний (г. Киев) исследований биологического действия СА, уточнение зависимостей токсичности марганца от некоторых физико-химических свойств его соединений (растворимости в биосредах организма и др.) позволили обосновать новые дифференцированные ПДК с учетом содержания этого элемента. В частности, при содержании марганца в СА до 20 % утверждена ПДК, равная $0,2 \text{ мг/м}^3$, 20...30 % — $0,1 \text{ мг/м}^3$, класс опасности 2. Применение указанных ПДК снижает ранее завышенные требования к качеству воздуха рабочей зоны, уменьшает затраты на устройство и эксплуатацию систем общеобменной и местной вентиляции в сборочно-сварочных цехах, повышает экономическую эффективность последних.

На основе обобщения результатов [4] проведенных работ для оценки экономического эффекта от снижения объемов общеобменной вентиляции в результате использования новых гигиенических нормативов может быть применено ранее приведенное эмпирическое выражение (2).

Таким образом, при обеспечении безопасности условий труда сварщиков и соблюдении гигиенических нормативов уточненные ПДК позволяют снизить объемы вентиляции, что уменьшает расходы на устройство и эксплуатацию систем вен-

Formulae for calculation of cost effectiveness of reducing toxicity of welding consumables and using filters and ventilation devices are given.

Зависимость требуемых объемов вентиляции от режимов сварки сталей СтЗсп проволокой Св-08Г2С в углекислом газе

Сварочный ток, А	Удельные выделения, г/кг		Требуемые объемы вентиляции, тыс. м ³ /кг
	ТССА	Мп	
200	21,01	2,48	12,4
300	17,52	2,08	10,4
400	14,00	1,65	8,2
430	4,50	0,53	2,6
500	5,02	0,59	3,0

Примечание. Среднее содержание марганца в ТССА составляет около 11,8 %.

тиляции сборочно-сварочных цехов и повышает экономическую эффективность сварочного производства.

Дополнительное снижение затрат на вентиляцию может быть достигнуто за счет гигиенической оптимизации режимов сварки. Результаты исследований интенсивности выделения СА [5] показали, что для многих сварочных материалов, в частности проволок сплошного сечения, в пределах технологически допустимых режимов при сварке в углекислом газе существуют зоны пониженного выделения вредных веществ, обусловленные изменениями характера переноса электродного металла, его разбрызгивания, погружением дуги в сварочную ванну.

Как видно из таблицы, при сварке стали СтЗсп проволокой Св-08Г2С диаметром 2 мм на постоянном токе $I_{св} = 200...400$ А обратной полярности удельные выделения определяющей вредности (марганца) снижаются с 2,48 до 1,65 г/кг, затем при $I_{св} = 430$ А резко уменьшаются до 0,53 г/кг, а затем снова начинают возрастать.

Таким образом, применение оптимальных с гигиенических позиций режимов сварки при $I_{св} \approx 430$ А позволяет при сохранении производительности процесса более чем в 3 раза снизить выделение вредных веществ и соответственно уменьшить требуемые объемы вентиляции.

1. Мазур А. А. Экономическая эффективность мероприятий по оздоровлению воздушной среды при сварке // Автомат. сварка. — 1989. — № 8. — С. 67–70.
2. Мазур А. А., Федорович А. Ю. Методические рекомендации по расчету экономической эффективности внедрения однопостовых фильтровентиляционных агрегатов производительностью до $150 \text{ м}^3/\text{ч}$. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1990. — 63 с.
3. Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов / Л. Н. Горбань, И. П. Лубянова, А. А. Мазур и др. — Киев: НИИГТиПЗ, 1990. — 27 с.
4. Мазур А. А., Заяц С. В. Эмпирические методы определения экономического эффекта при расчетах вентиляции сварочных цехов: Сб. тр. I Междунар. науч.-практ. конф. «Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в сварочном производстве» (11–13 сент. 2002 г., г. Одесса). — Одесса, 1992. — С. 648–652.
5. Левченко О. Г. Влияние состава защитного газа и режимов сварки на валовые выделения сварочного аэрозоля // Автомат. сварка. — 1986. — № 1. — С. 73–74.

Поступила в редакцию 14.01.2003