

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ СВАРКЕ**

*Милютин В.Н., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технологии и оборудование сварки», ДДТУ, Роздобудько Э.В., к.э.н., доцент, доцент кафедры менеджмента ДИЭМ МАУП, г. Днепродзержинск, Украина*

В настоящее время для оценки опасности в условиях производства широкое развитие получила концепция экологического риска.

Сварка относится к числу вредных производств по санитарно-гигиеническим условиям труда. Средняя продолжительность жизни сварщиков на 8-12 лет ниже средней продолжительности жизни мужчин по стране. Основными условиями безопасного и высокопроизводительного труда сварщиков являются оптимизация технологических режимов, механизация и автоматизация сварочного производства, а также создание условий нормального труда отвечающих требованиям санитарно-гигиенических и других норм [1, 3].

Для численной оценки риска в основном используются *статистические данные* фиксирующие свершившиеся факты, которые уже нельзя изменить и предотвратить, а использование *экологического риска* - позволяет количественно оценить степень вреда ксенобиотиков для здоровья человека в настоящий момент и предотвратить их воздействие соответствующими способами.

При загрязнении воздуха рабочей зоны ксенобиотиками любой концентрации, оценка степени их воздействия на человека может быть определена в соответствии с законом Вебера-Фехнера [2],

$$L = a \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1)$$

где  $L$  - прирост величины ощущений;  $a$  – коэффициент пропорциональности;  $I$ ,  $I_0$  – воздействующий фактор и пороговое значение этого фактора.

Величиной воздействия порогового фактора при загрязнении воздуха рабочей зоны является пороговое значение концентрации вредных веществ  $C_0$  или ПДК<sub>рз</sub>. Тогда уравнение для определения уровня риска  $R$  выглядит так:

$$R = a \cdot \lg \frac{C}{C_0}, \quad (2)$$

где  $C$  - концентрация вредных веществ (ВВ) в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>;  $C_0$  = ПДК<sub>рз</sub>, мг/м<sup>3</sup>.

Принимаемому уровню риска  $R_{п} = 1 \cdot 10^{-6}$  соответствует концентрация ВВ равная ПДК<sub>сс</sub> и при среднесмертельной концентрации  $C_0 = ЛК_{50}$  уровень риска  $R = 0,5$ . На основе нормативных показателей [1] при решении системы уравнений:

$$1 \cdot 10^{-6} = a \cdot \lg \frac{ПДК_{cc}}{C_0}$$

$$0,5 = a \cdot \lg \frac{ЛК_{50}}{C_0} \quad (3)$$

определяется функциональная зависимость экологического риска от концентрации ВВ в атмосферном воздухе:

$$R_{pz} = 0,5 \cdot \left( \lg \frac{C}{ПДК_{cc}} / \lg \frac{ЛК_{50}}{ПДК_{cc}} \right) \quad (4)$$

Например, величина экологического риска при ингаляционно-токсичном воздействии на сварщика  $NO_2$ , при концентрации его в воздухе рабочей зоны отвечающей санитарным нормам  $C_{pz} = ПДК_{pz} = 2 \text{ мг/м}^3$ , равняется:

$$R_{pz} = 0,5 \cdot \left( \frac{\lg ПДК_{pz} - LgПгП_{cc}}{\lg ЛК_{50} - \lg ПДК_{cc}} \right) = 0,5 \cdot \left( \frac{\lg 2 - Lg 0,04}{\lg 140 - \lg 0,04} \right) = 0,24 \text{ год}^{-1}.$$

Вероятность времени пребывания сварщика в рабочей зоне при односменной работе, T:

$$T = \frac{H}{hD} = \frac{40}{24 \cdot 5} = 0,33, \quad (5)$$

где H – количество рабочих часов в неделе; h - 24 часа в сутки; D<sub>1</sub> – дней в рабочей неделе.

Экологический индивидуальный риск сварщика:

$$R_{in} = R_{pz} \cdot T = 0,24 \cdot 0,33 = 0,079. \quad (6)$$

Ожидаемое сокращение средней продолжительности жизни (СПЖ) за год работы:

$$СПЖ = (251 - d) \cdot R_{in} = (251 - 31) \cdot 0,079 = 17,38 \text{ дн/год}. \quad (7)$$

где d – количество календарных дней отпуска с учетом вредности труда.

Величины экологических рисков  $R_{pz}$ ,  $R_{in}$  и ожидаемое сокращение средней продолжительности жизни сварщиков (СПЖ) в зависимости от количества ВВ выделяющихся в атмосферный воздух рабочей зоны приведены в табл. 1 [2, 3].

Расчет суммарного экологического риска  $R_{pz}$  от выбросов ВВ определяется по формуле:

$$R_{pz} = 1 - \prod_{i=1}^m (1-r_i). \quad (8)$$

где m – количество факторов.

$$R_{pz} = 1 - (1-0,18) \cdot (1-0,17) \cdot (1-0,06) \cdot (1-0,22) \cdot (1-0,24) \cdot (1-0,13) \cdot (1-0,09) \approx 0,70.$$

$$R_{in} = R_{pz} \cdot T = 0,70 \cdot 0,33 = 0,23.$$

Ожидаемое сокращение средней продолжительности жизни (СПЖ) за год рабочего стажа:

$$СПЖ = (251 - d) \cdot R_{in} = (251 - 31) \cdot 0,23 = 50,6 \text{ дн/год}, (20,16\%).$$

Данные табл. 1 показывают, что снижение средней продолжительности жизни составляет примерно 7 лет в течение 35 лет стажа.

Значения аэрозольно-пылевой фиброгенной (АПН) и ингаляционно-токсической (ИТН) нагрузки на сварщика, класс опасности и допустимый стаж

работы при повышении концентрации  $C_{см}$  вредных веществ в рабочей зоне определены согласно руководству [3] и тогда снижение рабочего стажа по сравнению с установленным составляет 4-12 лет.

Таблица 1

**Величина риска и сокращение продолжительности жизни**

Вещество	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ЛК <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Экологический риск, R <sub>рз</sub> и R <sub>in</sub>	СПЖ, дн/год
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	6,0	5000	4	0,18 / 0,059	12,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + +6%MnO <sub>2</sub>	0,15	4,0	2500	4	0,17 / 0,056	12,32
MnO <sub>2</sub>	0,10	0,3	550	2	0,06 / 0,020	4,40
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	1,0	450	2	0,22 / 0,073	16,06
NO <sub>2</sub>	0,04	2,0	140	3	0,24 / 0,079	17,38
CO	3,0	20,0	3600	4	0,13 / 0,043	9,46
O <sub>3</sub>	0,03	0,10	30	2	0,09 / 0,030	6,60

С целью улучшения санитарно-гигиенических условий труда сварщиков и качества атмосферного воздуха в цехах используется аэрация, общеобменная механическая приточно-вытяжная (ОПВВ) и местная вытяжная вентиляция (МВВ). Кратность воздухообмена в сварочных цехах по санитарным нормам должна составлять  $K=3-10 \text{ ч}^{-1}$  в зависимости от объема и производственной мощности цеха. Особенно эффективны для снижения концентрации ВВ в воздухе рабочей зоны при сварке малогабаритные системы местной вытяжной вентиляции (МВВ) типа Carryvac P150/150ACT, IPERJET, AFAflex 4F, WELDY, JET и другие, которые обеспечивают 75-80% эффективного улавливания и очистку на 90-95% загрязненного воздуха с применением катализаторов, перед выбросом его в атмосферу. При установке устройств МПП на всех постах цеха сварщик может проработать 35 лет без ущерба для здоровья.

Снижение затрат на 50 сварщиков для ОПВВ при уменьшении подачи объема воздуха с 16000 м<sup>3</sup>/ч до 1200 м<sup>3</sup>/ч (в 13,3 раза) составляет:

$$Z_{2\text{ОПВВ}} = Z_{\text{ОПВВ}} - Z_{1\text{ОПВВ}}/13,3 = 15921075 - 1179339 = 14741736 \text{ грн/год}$$

Затраты на 50 сварщиков при покупке, монтаже и эксплуатации МВВ:  $Z_{\text{МВВ}} = 2376367 \text{ грн/год}$ . Вредные вещества выбрасываемые после сварки в атмосферу оказывают негативное влияние на окружающую среду. Масса выбросов ВВ в атмосферу (2002 ч/год) до и после установки МВВ и плата за загрязнение атмосферы приведены в табл. 2.

Снижение выплат за загрязнение атмосферы:

$$E_{\text{ат}} = E_1 - E_2 = 170279 - 17028 = 153251 \text{ грн/год, (90,0\%)} \quad (15)$$

Общая эколого-экономическая выгода от применения МВВ с очисткой воздуха:

$$E_{\text{МВВ}} = (Z_{\text{ОПВВ}} - Z_{\text{МВВ}}) + E_{\text{ат}}, \text{ грн/год.} \quad (16)$$

где  $Z_{\text{ОПВВ}}$ ,  $Z_{\text{МВВ}}$  – затраты на монтаж и обслуживание вентиляции, грн/год.

$$E_{\text{в}} = (14741736 - 2376367) + 153251 \approx 12518620 \text{ грн/год,}$$

Расчеты показывают что экономическая выгода составляет 84.92%.

Таблица 2.

**Масса выбросов и плата за загрязнение атмосферы \***

Вещество	Выбросы в атмосферу, кг/ч	Выбросы в атмосферу, кг/год	Плата за выбросы, грн.
Пыль (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,625 / 0,263	5255 / 525	2068 / 207
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +6%MnO <sub>2</sub>	3,400 / 0,340	6797/ 680	86933 / 8693
MnO <sub>2</sub>	0,175 / 0,018	350 / 35	4477 / 448
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,007 / 0,0007	14 / 1,40	186 / 18
NO <sub>2</sub>	2,800 / 0,280	5606 / 561	74566 / 7457
CO	3,500 / 0,350	7007/701	1368 / 137
O <sub>3</sub>	0,007 / 0,0007	14 / 1,40	681 / 68
Всего	12,399 / 1,252	25043 / 2504	170279 / 17028

\* Числитель – без установки МВВ; знаменатель – с установкой МВВ

**Выводы:**

1. Использование концепции экологического риска совместно с санитарными нормами, позволяет количественно оценить факторы снижающие среднюю продолжительность жизни и рабочий стаж сварщиков.

2. Ухудшение качества воздуха рабочей зоны снижает среднюю продолжительность рабочего стажа сварщика на 4-12 и жизни на 6-8 лет.

3. Установка малогабаритных систем МВВ с улавливанием 75-80% вредных веществ и очисткой воздуха на 90-95% перед выбросом в атмосферу позволит, обеспечит эргономичные условия труда, получить социальный эффект и уменьшить ущерб окружающей среде.

4. Экономическая выгода от использования местной вытяжной вентиляции составляет 80-85% от снижения общих затрат на общеобменную вентиляцию цеха.

5. При разработке новых санитарно-гигиенических норм необходимо ввести критерий принимаемого экологического риска в нормативную базу.

**Список литературы:**

1. ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ воздуха рабочей зоны – М., 2003.
2. Базиль Е.Е. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона / Е.Е. Базиль, С.А.Изотов, В.Д. Гогунский // Тр.Одес. политехн. Ун-та, 1997. - Вып.2 - С. 133-136.
3. Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. - М., 1999.