

# САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ШУМА ПРИ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКЕ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

О. Г. ЛЕВЧЕНКО<sup>1</sup>, В. А. КУЛЕШОВ<sup>1</sup>, А. Ю. АРЛАМОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

<sup>2</sup> НТУУ «Киевский политехнический институт». 03056, г. Киев, ул. Дашавская, 6/2

Представлены результаты измерений характеристик шума на рабочем месте на расстоянии 0,55 м от сварочной дуги при применении покрытых электродов, предназначенных для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Установлено, что эквивалентный уровень звука составляют 83...86 дБА, а максимальный уровень не превышает 93 дБА. Показано, что при сварке покрытыми электродами уровень шума линейно повышается с увеличением сварочного тока, при этом основной вклад в шум на рабочем месте вносит сварочный процесс, а шум от генератора тока и вентиляционного оборудования находится в пределах погрешности измерений. Приведены данные, которые можно использовать для санитарно-гигиенической оценки уровня шума на рабочем месте при конкретных процессах дуговой сварки. Библиогр. 13, табл. 7, рис. 1.

*Ключевые слова:* электродуговая сварка, сталь, электроды МР-3, УОНИ-13/55, АНО-4, АНО-12, АНО-36, уровень шума, санитарно-гигиеническая оценка

Сварочные и родственные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов, в том числе и акустического шума [1, 2]. С психофизиологической и социально-экономической точек зрения шум — это любой вредный для здоровья звук, мешающий восприятию полезных сигналов и снижающий работоспособность человека [3]. В структуре профессиональной заболеваемости такой вид «шумовой болезни» как тугоухость вместе с заболеваниями органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и с вибрационной болезнью составляет основную группу заболеваний работников промышленности [4].

Из 80-ти сварочных технологий согласно ISO 857-1:1998 [5] избыточный шум, превышающий предельно допустимый уровень (ПДУ) [6], присущ многим сварочным процессам. Так, из способов сварки плавлением выделяется газовая, лазерная, плазменная и электродуговая сварка, из способов сварки давлением — магнитно-импульсная, ударная, ультразвуковая и сварка взрывом, из комбинированных способов — контактная сварка. Однако в отечественных публикациях количественные данные об акустическом шуме в сварочном производстве, как правило, не приводятся [1].

Цель данной работы заключалась в исследовании шумовой обстановки на рабочем месте при ручной дуговой сварке покрытыми электродами (МР-3, УОНИ-13/55, АНО-4, АНО-12, АНО-36),

предназначенными для сварки углеродистых и низколегированных сталей.

**Методика исследований.** Уровни шума определяли в процессе ручной наплавки электродами диаметром 4 мм с различными видами покрытий (табл. 1) на стальную пластину Ст.3, расположенную на сварочном столе при работающей местной вытяжной вентиляции производительностью 1700 м<sup>3</sup>/ч и мощностью 2 кВт. В качестве источника питания использовали сварочный выпрямитель ВДУ-506. Расстояние от места горения дуги до ближайшей стенки составляло не менее 0,5 м. Рабочее место сварщика находилось на расстоянии 0,55 м от сварочной дуги.

Параметры шума измеряли интегрирующим измерителем уровня звука первого класса точности (шумомер модели 2230 фирмы Brüel & Kjær), функциональные и технические характеристики которого соответствуют требованиям межгосударственного стандарта стран СНГ ГОСТ 17187–2010 [7]. Шумомер имеет свидетельство о поверке и позволяет определять характеристики шума с точностью до 1 дБ.

Измерения и санитарно-гигиеническую оценку шума на рабочем месте проводили в соответ-

**Таблица 1.** Характеристики электродов, применяемых для определения уровня шума при ручной наплавке

Марка	Вид покрытия	$I_{ср}$ , А
МР-3	Рутиловый	140...220
УОНИ-13/55	Основной	130...160
АНО-4	Рутиловый	140...210
АНО-12	Основной	140...210
АНО-36	Рутил-целлюлозный	130...180



Таблица 2. Уровень фонового шума на рабочем месте сварщика на расстоянии 0,55 м от дуги

Параметры шума, дБА								
$L_{\text{экв}}$			$L_{\text{p max}}$			$L_{\text{p min}}$		
Количество измерений								
1	2	3	1	2	3	1	2	3
69,1	69,1	69,2	78,4	78,7	78,9	66,9	66,8	66,5

ствии с требованиями ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.050–86 и ДСН 3.3.6.037–99 [8–10]. Длительность измерения равнялась длительности горения электродов (около 60 с). Каждое измерение повторяли три раза. Составной частью технологического шума являлся шум, производимый генератором тока и оборудованием вентиляции воздуха. Измерение фонового шума, производимого вспомогательным оборудованием, выполняли перед началом процесса электродуговой наплавки. При всех измерениях регистрировали уровни шума с частотной коррекцией А (дБА), необходимые для установления временного характера шума и проведения санитарно-гигиенической оценки [6]: эквивалентный уровень звука  $L_{\text{экв}}$ , максимальный  $L_{\text{p max}}$  и минимальный  $L_{\text{p min}}$  уровни звукового давления.

**Результаты исследований.** Измеренные уровни фонового и технологического шума на рабочем месте оператора приведены в табл. 2, 3. Наплавку каждым типом электрода выполняли на токе почти на уровне значений максимально допустимого сварочного тока (см. табл. 3).

Используем полученные результаты для оценки шума при сварке  $L$ . Регистрируемый шум складывается из шума  $L_{\text{св}}$ , производимого процессом дуговой сварки, и фонового шума  $L_{\text{ф}}$ , создаваемого работой вспомогательного оборудования. Используя принцип аддитивности энергетических потоков в точке измерения [11], измеряемый уровень шума можно определить как

$$L = L_{\text{св}} + 10 \lg(1 + 10^{(L_{\text{ф}} - L_{\text{св}})/10}). \quad (1)$$

Если  $L_{\text{св}} - L_{\text{ф}} \geq 10$ , то  $L \approx L_{\text{св}}$ , т. к. добавка составляет не более 0,4 дБ и сопоставима с погрешностью измерений. Из анализа полученных данных (табл. 2, 3) следует, что это условие выполняется для всех измерений. Следовательно,

вкладом фонового шума можно пренебречь и рассматривать измеряемый шум как сварочный.

Определим точность полученных результатов [12]. Наилучшая оценка  $N$  измерений одной и той же величины  $L$  равна их среднему значению:

$$\bar{L} = \sum_{i=1}^N L_i / N.$$

Можно ожидать, что истинное значение измеряемой величины лежит в пределах  $\bar{L} \pm \delta \bar{L}$ . Полная погрешность состоит из инструментальной или систематической погрешности шумомера  $\delta L_{\text{инстр}} = \pm 1$  дБА и случайной составляющей погрешности  $\delta \bar{L}_{\text{сл}}$ , источником которой, в первую очередь, является неравномерность технологического процесса сварки. Случайная погрешность равна погрешности среднего значения:

$$\delta \bar{L}_{\text{сл}} = \sigma_L = \frac{\sigma_L}{\sqrt{N}},$$

где стандартное или среднеквадратичное отклонение единичного измерения равно

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (L_i - \bar{L})^2}.$$

Тогда полная погрешность будет

$$\delta \bar{L} = \sqrt{(\delta L_{\text{инстр}})^2 + (\delta \bar{L}_{\text{сл}})^2}.$$

Полагая, что  $L = L_{\text{экв}}$  и  $L = L_{\text{p max}}$ , находим для данных в табл. 3 значения соответствующих ошибок (табл. 4, 5).

Из табл. 4, 5 следует, что погрешность измерений полностью определяется величиной инструментальной ошибки и, следовательно, дальнейшее увеличение количества измерений (больше 3-х) не приведет к уменьшению полной ошибки. Поскольку погрешность равна  $\pm 1$  дБА, уровень шума представлен с точностью до 1 дБА. Итоговые результаты анализа всех полученных данных сведены в табл. 6.

Рассмотрим характер зависимости уровня шума от сварочного тока в пределах его номинальных значений для электрода МР-3, применяемого при наиболее широком диапазоне значений сварочного тока (см. табл. 1). Результаты измерений шума на расстоянии 1 м от дуги даны в табл. 7.

Таблица 3. Уровень технологического шума на рабочем месте сварщика на расстоянии 0,55 м от дуги при наплавке электродами различных марок

Марка электрода	$I_{\text{св}}, \text{ А}$	Параметры шума, дБА								
		$L_{\text{экв}}$			$L_{\text{p max}}$			$L_{\text{p min}}$		
		Количество измерений								
1	2	3	1	2	3	1	2	3		
МР-3	200	83,1	83,4	82,7	89,6	90,1	89,9	68,3	68,4	67,9
УОНИ-13/55	150	82,4	82,8	82,4	90,5	90,3	91,9	68,7	69,3	69,0
АНО-4	200	86,0	85,9	86,1	89,3	90,0	90,4	70,2	69,8	70,1
АНО-12	200	84,6	84,2	84,7	92,8	92,7	93,0	69,5	69,5	69,4
АНО-36	170	83,5	83,4	83,2	92,1	89,9	91,9	68,0	67,9	68,1

Таблица 4. Погрешность при измерениях эквивалентного уровня звука, дБА

Марка электрода	Измеренный $L_{э\text{кв}}$			$\bar{L}$	$\delta L_{\text{инстр}}$	$\delta \bar{L}_{\text{сл}}$	$\delta \bar{L}$	Погрешность измерения $L_{э\text{кв}}$
	Количество измерений							
	1	2	3					
MP-3	83,1	83,4	82,7	83,1	1	0,2	1	$83 \pm 1$
УОНИ-13/55	82,4	82,8	82,4	82,5	1	0,1	1	$83 \pm 1$
АНО-4	86,0	85,9	86,1	86,0	1	0,1	1	$86 \pm 1$
АНО-12	84,6	84,2	84,7	84,5	1	0,2	1	$85 \pm 1$
АНО-36	83,5	83,4	83,2	83,4	1	0,1	1	$83 \pm 1$

Таблица 5. Погрешность при измерениях максимального уровня звука, дБА

Марка электрода	$L_{p \text{ max}}$			$\bar{L}$	$\delta L_{\text{инстр}}$	$\delta \bar{L}_{\text{сл}}$	$\delta \bar{L}$	Погрешность измерения $L_{p \text{ max}}$
	Количество измерений							
	1	2	3					
MP-3	89,6	90,1	89,9	89,9	1	0,1	1,0	$90 \pm 1$
УОНИ-13/55	90,5	90,3	91,9	90,9	1	0,5	1,1	$91 \pm 1$
АНО-4	89,3	90,0	90,4	89,9	1	0,3	1,0	$90 \pm 1$
АНО-12	92,8	92,7	93,0	92,8	1	0,1	1,0	$93 \pm 1$
АНО-36	92,1	92,0	89,9	91,3	1	0,5	1,1	$91 \pm 1$

Таблица 6. Уровень шума на рабочем месте сварщика на расстоянии 0,55 м от дуги при наплавке электродами различных марок

Марка электрода	Вид покрытия	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$I_{\text{напл}}, \text{А}$	$L_{э\text{кв}}, \text{дБА}$	$L_{p \text{ max}}, \text{дБА}$
MP-3	Рутитовый	140...220	200	$83 \pm 1$	$90 \pm 1$
УОНИ 13/55	Основной	130...160	150	$83 \pm 1$	$91 \pm 1$
АНО-4	Рутитовый	140...210	200	$86 \pm 1$	$90 \pm 1$
АНО-12	Основной	140...210	200	$85 \pm 1$	$93 \pm 1$
АНО-36	Рутит-целлюлозный	130...180	170	$83 \pm 1$	$91 \pm 1$

Таблица 7. Уровень шума на расстоянии 1 м от дуги при сварке электродами MP-3 на разном сварочном токе

$I_{\text{св}}, \text{А}$	Параметры шума, дБА								
	$L_{э\text{кв}}$			$L_{p \text{ max}}$			$L_{p \text{ min}}$		
	Количество измерений								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
150	79,8	80,3	80,2	85,9	88,9	84,9	73,6	76,4	72,1
180	81,3	81,1	81,1	85,1	85,4	85,8	79,0	78,6	78,4
210	82,7	82,4	82,4	86,0	85,9	85,6	80,3	80,3	80,1
	$L_{\text{ф}}, \text{дБА}$								
	68,1	68,0	68,3	73,8	74,6	75,1	66,9	67,5	68,0

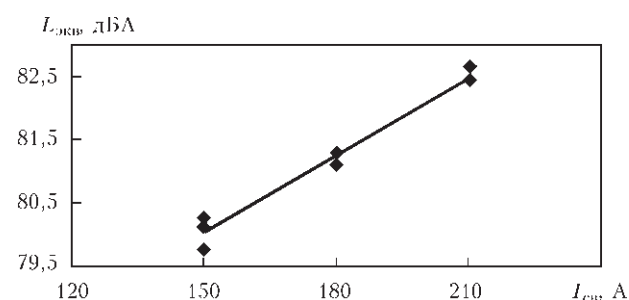
Методом наименьших квадратов [12] установлена следующая линейная зависимость между полученными данными (рисунок):

$$L_{э\text{кв}} = 0,04I_{\text{св}} + 74,056. \quad (2)$$

Квадрат величины линейной корреляции  $R^2 = 0,9705$  указывает на высокую степень достоверности установленной линейной зависимости уровня шума от величины сварочного тока. Од-

нако из результатов проведенных исследований очевидно, что количественно повышение силы тока на уровень шума влияет незначительно. Так, увеличение тока на 40 % привело к росту уровня шума всего на 2,5 %. Понятно, что уровень производимого шума при наплавке электродами других типов и на других расстояниях от источника шума будет также линейно зависеть от силы тока, поскольку физическая сущность возникновения и распространения акустического шума при дуговой сварке на различных режимах одна и та же, а именно: уровень шума определяется стабильностью горения дуги.

**Санитарно-гигиеническая оценка шума.** Согласно требованиям ГОСТ 12.1.003–83 [8] определим временной характер шума и соответствующие ограничения на уровень контролируемых акустических параметров. Поскольку изменение уровня звука во время всех измерений превышает



Зависимость уровня шума от сварочного тока при наплавке электродами MP-3



5 дБА (см. табл. 2 и 3), шум при электродуговой сварке следует классифицировать как непостоянный. Для непостоянного шума ПДУ приняты для  $L_{\text{экв}}$  и  $L_{\text{p max}}$ . ПДУ зависит от вида деятельности с учетом тяжести и напряженности труда. В данной работе ручная дуговая сварка рассматривается как физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем. Для такого вида труда за 8-часовой рабочий день безопасный для персонала уровень  $L_{\text{экв}}$  не должен превышать 80 дБА, а максимальный уровень звука на рабочем месте — 110 дБА. Как следует из измеренных значений (см. табл. 6), последнее условие выполняется, в то время как уровень шума превышает нормативный ПДУ. Однако неправильно утверждать, что ПДУ был превышен [13], поскольку сравнение необходимо проводить на одной временной базе, равной 8-ми часам. У нас же единичное измерение продолжалось только 1 мин. На практике процессы наплавки и сварки протекают прерывисто. При этом продолжительность шумовых эпизодов может быть намного меньше 8 ч, а уровень шума при этом значительно выше 80 дБА. Нормами допускается работа в условиях повышенного (больше 80 дБА) уровня шума, но ее продолжительность должна быть соответственно уменьшена по методике, регламентированной ГОСТ 12.1.050-86 [9].

### Выводы

1. Установлено, что электродуговой процесс сварки покрытыми электродами вносит определяющий вклад в шум на рабочем месте, а вклад шума, создаваемого генератором тока и вентиляционным оборудованием, пренебрежимо мал и находится в пределах погрешности измерений.

2. Уровень производимого шума линейно растет с увеличением силы сварочного тока, но изме-

нение уровня в диапазоне значений номинальных токов незначительное.

3. Эквивалентный уровень звука находится в пределах 83...86 дБА, а максимальный уровень не превышает 93 дБА. Уровни зарегистрированного шума формально превышают ПДУ (80 дБА), регламентированный нормативными документами для этого вида трудовой деятельности при 8-часовой рабочей смене. Однако для корректной санитарно-гигиенической оценки необходимо проводить сравнение на единой временной базе.

4. Приведенные данные могут быть использованы для санитарно-гигиенической оценки шумовых эпизодов конкретных процессов электродуговой сварки.

1. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навч. пос. для студентів зварюв. спец. — Київ: Основа, 2010. — 240 с.
2. Энциклопедия МОТ. Сварка и огневая резка // <http://base.safework.ru/loenc>
3. Юдин Е. Я., Борисов Л. А., Горенштейн И. В. и др. Борьба с шумом на производстве: Справ. / Под общей ред. Е. Я. Юдина. — М.: Машиностроение, 1985. — 400 с.
4. Кононова І. Г. Професійна захворюваність серед працівників підприємств машинобудування // Укр. журн. проблем медицини праці. — 2010. — № 1(21). — С. 9–14.
5. ISO 857-1:1998. Welding and allied processes — Vocabulary — Pt 1: Metal welding processes. — Publ. 12.01.1998.
6. Левченко О. Г., Кулешов В. А. Производственный шум. Ч. 1 // Сварщик. — 2013. — № 2. — С. 36–41.
7. ГОСТ 17187–2010. Шумомеры. Ч. 1: Технические требования. — Введ. 01.11.2012.
8. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности. — Введ. 01.07.84.
9. ГОСТ 12.1.050–86. Методы измерения шума на рабочих местах. — Введ. 01.01.87.
10. ДСН 3.3.6.037–99. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука. — Введ. 01.12.99.
11. Грінченко В. Т., Вовк Ш. В., Мацітура В. Т. Основи акустики. — Киев: Наук. думка, 2007. — 640 с.
12. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. — М.: Мир, 1985. — 272 с.
13. Левченко О. Г., Кулешов В. А. Производственный шум. Ч. 2 // Сварщик. — 2013. — № 3. — С. 44–48.

Поступила в редакцию 17.02.2014

**ТИТАН. ТЕХНОЛОГИИ. ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОИЗВОДСТВО.** — Киев: Международная ассоциация «Сварка», 2011. — 324 с. Мягкий переплет, 200×290 мм.



Сборник включает 70 статей, опубликованных в журналах «Современная электротехнология» и «Автоматическая сварка» за период 2005–2010 гг., по электротехнологии, сварке титана и его сплавов. Тематика статей посвящена созданию новых технологических процессов и оборудования для производства и сварки титана. Сборник предназначен для широкого круга инженеров, технологов, конструкторов, занятых в машиностроении, энергетике, строительстве, судостроении, металлургии и других отраслях промышленного производства, связанных с обработкой и потреблением титана; полезен также преподавателям и студентам высших учебных заведений.