

ЗАХИСТ ВІД УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО І АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАНЬ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ ПІД ЧАС ДУГОВОГО І КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ ТА ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВУ

*Левченко О.Г., д.т.н., проф.; Арламов О.Ю., к.т.н.
(каф ОПЦБ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)*

Підвищений рівень ультрафіолетової радіації і шуму на робочому місці входять у перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) для багатьох видів зварювання та споріднених процесів, що регламентовано вимогами ГОСТ 12.3.003-86 [1] та ДСТУ 2456-94 [2].

З метою визначення можливостей мінімізації шкідливого впливу ультрафіолетового й акустичного випромінювань на працюючих виконано комплексне дослідження рівнів і характеристик цих НШВФ під час застосування таких широко розповсюджених технологій, як електродугове і контактне зварювання та електрошлаковий переплав (ЕШП). Для цього виконували вимірювання рівнів УФВ і характеристик шуму в робочій зоні на різних відстанях від джерел їх створення при різних режимах роботи електричного обладнання.

Вимірювання інтенсивності УФВ (енергетичної освітленості, Вт/м²) виконувалось, головним чином, в УФ-С діапазоні, як найбільш потенційно небезпечному і шкідливому для здоров'я зварників та обслуговуючого персоналу. Використовувалась стандартизована методика [3] у відповідності з вимогами до контролю УФВ, регламентованих СН 4557-88 [4]. Реєстрація інтегральних рівнів УФВ виконувалась за допомогою автоматичного дозиметра оптичного випромінювання ДАУ-81.

Для вимірювання шумових характеристик (еквівалентний рівень шуму L_{eq} , дБА) використовувався інтегруючий вимірювач рівня звуку модель 2230 фірми Brüel & Kjær (Precision Integrating Sound Level Meter Type 2230) першого класу точності, функціональні та технічні характеристики якого відповідають вимогам міждержавного стандарту ГОСТ 17187-2010 [5]. Вимірювання проводилися у відповідності до вимог ГОСТ 12.1.050-86 [6].

Виміряні рівні УФВ порівнювалися з нормативними значеннями СН 4557-88, відповідно до яких "допустима інтенсивність опромінення працюючих за наявності незахищених ділянок поверхні шкіри площею не більше 0,2 м² з періодом опромінення до 5 хвилин (хв) тривалістю пауз між ними не менше 30 хвилин і загальною тривалістю впливу за зміну до 60 хв не повинна перевищувати 0,001 Вт/м² для ділянки УФ-С".

Санітарно-гігієнічне оцінювання шуму на робочому місці проводилась згідно з нормативами ДСН 3.3.6.037-99 [7].

У випадку перевищень нормативних значень виконувалась статистична обробка та аналіз результатів вимірювань, після чого визначалися залежності інтенсивності УФВ і шуму від відстані до місця зварювання і сили

зварювального струму. За допомогою отриманих залежностей визначались границі безпечних робочих зон і допустимий час перебування в них без використання засобів захисту. На цій основі також розроблялись рекомендації з вибору відповідних засобів захисту та організаційні заходи з метою мінімізації впливу УФВ і акустичного випромінювання до безпечних рівнів [8]. Розрахунок часу безпечного впливу базувався на нормативній величині ефективної дози УФВ 30 Дж/м^2 , встановленій в Європейському союзі [9].

Результати досліджень

1. Ручне дугове зварювання покритими електродами

Використовувались широко розповсюдженні електроди марок АНО-4, АНО-12, АНО-36, УОНИ 13/55 і МР-3 діаметром 4 мм. Зварювалися зразки сталі Ст3 в нижньому положенні зварного шва в зварювальній кабіні при температурі повітря $15\ldots 20^\circ\text{C}$ і середній відносній вологості повітря з витяжною вентиляцією над місцем зварювання. Джерело живлення – випрямляч зварювальний ВДУ-506. Зварювальний струм фіксувався на значеннях 150, 175 і 200 А, які потрапляють в діапазон рекомендованих режимів для електродів, що використовувались.

УФ випромінювання

Вимірювання інтенсивності УФ-С випромінювання проводилося на фіксованій відстані 0,55, 1 і 1,5 м від точки зварювання під кутом $27\ldots 30^\circ$ до горизонтальної зварювальної поверхні. Протягом 30...60 с фіксувалося середнє значення потоку випромінювання (E , Вт/м^2) на стаціонарному режимі зварювання.

В залежності від величини струму, відстані і марки електрода виміряні значення інтенсивності УФ-С випромінювання змінювались від 0,55 до $4,2 \text{ Вт/м}^2$, що істотно перевершує нормативну величину $0,001 \text{ Вт/м}^2$ для працюючих за наявності незахищених ділянок поверхні шкіри згідно з СН 4557-88 [4]. Визначено, що допустимий час перебування під дією УФВ в робочій зоні без засобів захисту на протязі 8-ми годинного робочого дня (при зварювальному струмі від 150 до 200 А) може становити: 2...5 с на відстані 0,5 м від точки зварювання; 7...18 с – на відстані 1 м; 16...41 с – на відстані 1,5 м.

Для захисту зварників та обслуговуючий персонал від УФВ необхідно застосовувати спеціальний одяг, зварювальну маску зі спеціальними світлофільтрами [10, 11]; за певних умов – захист потилиці від променів, що відбиваються від стін зварювальної кабінки.

Акустичне випромінювання

Вимірювання проводилося на робочому місці зварника на відстані 0,55 м від електричної (на відстані витягнутої рики). Величини рівнів шуму при силі зварювального струму з верхнього діапазону номінальних величин наведено в таблиці 1.

Еквівалентні рівні шуму при зварюванні електродами АНО-4, АНО-12, АНО-36, УОНИ 13/55 і МР-3 діаметром 4 мм перевищують значення 80дБА, наведене в ДСН 3.3.6.037-99. Але, вимірювання проводились без урахування

захисного щитка зварника, який буде зменшувати рівень шуму. До того ж, для переривчастих шумів, згідно з ДСН 3.3.6.037-99, розрахунковий еквівалентний рівень шуму складає 110 дБА протягом 30 хв, 98 дБА протягом 130 хв [12]. Таким чином ефективним методом захисту від шуму є "захист часом", що дає можливість так організувати роботу, щоб сумарний шумовий вплив на працівника за робочу зміну не був шкідливим для його здоров'я.

Таблиця 1

Рівні шуму при ручному дуговому зварюванні покритими електродами

Марка електродів	Зварювальний струм, А	Еквівалентний рівень шуму L_{eq} , дБА
АНО-4	200	86
АНО-12	200	85
АНО-36	170	83
УОНИ 13/55	150	83
МР-3	200	83

2. Ручне аргано-дугове зварювання неплавким (вольфрамовим) електродом (TIG)

Дослідження проводились при зварюванні неплавким вольфрамовим електродом діаметром 2,4 мм в середовищі інертного газу (аргон). Зварювалися зразки сталі Ст.3 розмірами 150×40×2 мм і 150×40×12 мм з силою струму ≥ 150 А в нижньому положенні зварного шва. Умови зварювання: в зварювальній кабіні при температурі повітря 15...20° С і середній відносній вологості повітря з витяжною вентиляцією над місцем зварювання. Джерело живлення – Master 2200 (фірма Kemppi, Фінляндія). Решта обладнання – фірма Фроніус. Зварювальний струм коливався в діапазоні 45...210 А.

УФ випромінювання

Вимірювання інтенсивності УФ-С випромінювання проводилося на фіксованій відстані 0,55 м або 1 м від точки зварювання під кутом 12...21° до горизонтальної зварювальної поверхні. Протягом 30...60 с фіксувалося середнє значення потоку випромінювання (E , Вт/м²) при стаціонарному режимі зварювання.

Залежно від величини струму і відстані зафіксовано значення інтенсивності УФ-С випромінювання до 7,5 Вт/м², що істотно перевершує нормативну величину 0,001 Вт/м² для працюючих за наявності незахищених ділянок поверхні шкіри згідно з СН 4557-88. Визначений допустимий час перебування під дією УФВ в робочій зоні без засобів захисту) на протязі 8-ми годинного робочого дня (при зварювальному струмі від 60 до 210 А) становить:

- 4...75 с на відстані 0,5 м від точки зварювання;
- 16 с...5 хв на відстані 1 м від точки зварювання;

– 36 с...11 хв на відстані 1,5 м від точки зварювання.

Обов'язковим є впровадження наступних заходів і засобів захисту від надмірного впливу УФВ: спецодяг; зварювальна маска; за певних умов – захист потилиці від променів, що відбиваються від стін зварювальної kabіни.

Акустичне випромінювання

Рівень шуму вимірювався на робочому місці зварника на відстані 0,55 м від електродуги. Тривалість вимірювання – приблизно 60 с [13].

У широкому діапазоні номінальних величин сили струму $I = 45...210$ А еквівалентний рівень шуму на робочому місці не перевищує 64 дБА, що значно менше встановленої санітарно-гігієнічної норми еквівалентного рівня шуму 80 дБА. Ручне аргано-дугове зварювання неплавким електродом є безпечною за шумом зварювальною технологією і не вимагає застосування засобів захисту.

3. Механізоване зварювання в захисних газах (MIG/MAG)

Дослідження проводились при наплавленні обмідненим дротом Св-08Г2С діаметром 1,2 мм в суміші захисних газів (82% Ar + 18% CO₂). Наплавлення здійснювалось на зразки сталі Ст. 3 довжиною 150 мм способом кутом назад для поліпшення видимості ділянки дуги. Швидкість подачі дроту регулювалася автоматично залежно від налаштованої спочатку величини струму. Джерело живлення – зварювальний інвертор Invertex V350-PRO (Lincoln Electric). Механізм подачі – LF-72. Зварювальний струм попередньо встановлювався в діапазоні від 80 до 250 А.

Умови роботи: у зварювальній kabіні (горизонтальні розміри – 2,4×2 м, висота – 1,8 м) при температурі повітря ~ 20 °С і середній відносній вологості повітря з витяжною вентиляцією над місцем зварювання.

УФ випромінювання

Вимірювання інтенсивності УФ-С випромінювання проводилось на відстані 0,64 і 0,68 м від точки зварювання під кутом 21...26° до горизонтальної зварювальної поверхні. Протягом 30...60 с фіксувалось середнє значення потоку випромінювання (Е, Вт/м²) при стаціонарному режимі зварювання.

Залежно від величини струму і відстані були зафіксовані значення інтенсивності УФ-С випромінювання від 15 до 60 Вт/м², що створює небезпеку для працюючих за наявності незахищених ділянок поверхні шкіри.

Допустимий час перебування в робочій зоні (без засобів захисту від дії УФВ) на протязі 8-ми годинного робочого дня становить:

- 0,25...1 с на відстані 0,5 м від точки зварювання;
- 1...4 с на відстані 1 м від точки зварювання;
- 2...9 с на відстані 1,5 м від точки зварювання.

Обов'язковим є впровадження організаційних і технічних заходів та засобів безпеки та використання засобів індивідуального та колективного захисту.

Акустичне випромінювання

Рівень шуму вимірювався на робочому місці зварника на відстані 0,55 м від електродуги. Тривалість вимірювання – приблизно 60 с.

Були встановлені дві якісно відмінні одна від одної ділянки залежності рівні шуму від сили зварювального струму. При слабких токах в діапазоні величин 80...150 А шум посилюється, але подальше збільшення сили струму призводить до ослаблення шуму. У вимірюваному діапазоні номінальних величин сили струму $I = 80...250$ А рівень шуму досягає величини 96 дБА. Отже, механізоване зварювання в суміші захисних газів (82% Ar + 18% CO₂) є небезпечною за шумом зварювальною технологією і потребує застосування захисту.

Одним з простих і невитратних способів мінімізації рівня шуму розглянутої технології зварювання є зменшення швидкості енерговиділення в джерелі, що можливо досягти зниженням сили зварювального струму в діапазоні номінальних величин сили струму 80...150 А, або збільшенням зварювального струму у діапазоні 150...250 А. Також ефективним методом захисту є "захист часом".

4. Стикове зварювання залізничних рейок типу Р65 на контактній машині К-1000

Величина вторинного зварювального струму змінювалась ступенево: спочатку – $0,2 \cdot 56 = 11,2$ кА, потім – $0,4 \cdot 56 = 22,4$ кА. Зварюваний стик екрановано захисним екраном машини.

УФ випромінювання

Вимірювання інтенсивності УФ-С випромінювання проводилося на відстані 2 і 3 м від місця зварювання. Датчик УФ-С випромінювання був спрямований на межу штатного захисного екрану. Тривалість вимірювання – 4 хв (час зварювання одного стику).

Помітні величини потоку УФВ не зафіксовано – інтенсивність випромінювання менша нижньої межі чутливості приладу ДАУ-81. Враховуючи це, зроблено теоретичну оцінку потоків УФВ, припускаючи, що розплавлений метал (сталь) в зоні стику випромінює як абсолютно чорне тіло з температурою приблизно 1800 К. Розрахунки показують, що потоки УФВ в безпосередній близькості від зварюваної поверхні мають величини менші від нормативних значень згідно з СН 4557-88 і не є шкідливим навіть при відкритому захисному екрані, який слугує в основному для захисту від іскор і бризок розплавленого металу.

Акустичне випромінювання

Вимірювання рівнів шуму протягом процесу зварювання проводились на відстані близько 3,0 м від джерела шуму (стику). Тривалість вимірювання – приблизно 50 с.

Еквівалентний рівень шуму не перевищує ГДР і становить $L_{eq} = 80$ дБА. Внесок фонового шуму незначний і шум генерує, переважно, зварювальний процес.

При стиковому зварюванні залізничних рейок на контактній машині К-1000 не потрібно застосовувати захисту від шуму при закритому захисному екрані.

5. Пресове зварювання магнітно керованою дугою на установці МД-101

Дослідження виконувались при зварюванні на режимах:

- напруга на дузі – 25 В;
- величина зварювального струму на дузі:
 - 150 А протягом 7 с;
 - 500 А – протягом 0,3 с.

УФ випромінювання

Вимірювання інтенсивності УФ-С випромінювання проводилось при зварюванні сталевих труб діаметром 27 мм на відстані 1,85 м до місця зварювання (осі труби). Датчик розташовувався в напрямку прямої видимості місця зварювання на висоті 1,6 м від підлоги. Тривалість вимірювання – 7,3 с (час зварювання одного стику).

За результатами вимірювань визначено середню величину максимального потоку випромінювання, яка становила $0,75 \pm 0,1$ Вт/м², що значно перевищує допустиму інтенсивність УФ-С випромінювання згідно з СН 4557-88.

Визначений допустимий час перебування в робочій зоні (без засобів захисту від дії УФВ та при темпі зварювання 50 стиків/год) на протязі 8-ми годинного робочого дня становить:

- 47 хв (39 зварених стиків) на відстані 1 м від місця зварювання;
- 1,8 год (88 зварених стиків) на відстані 1,5 м від місця зварювання;
- 3,1 год (156 зварених стиків) на відстані 2 м від місця зварювання;
- 8 год (400 зварених стиків) на відстані 3,2 м від місця зварювання.

Установка МД-101 автоматична з дистанційним пультом управління і не потребує знаходження персоналу в безпосередній близькості від місця зварювання. За умови обладнання установки захисним кожухом забезпечується повний захист від оптичного випромінювання у видимій та УФ ділянках спектра. Необхідно вжити організаційні заходи і унеможливити перебування людей на відстані менш ніж 3,2 м від місця зварювання.

Акустичне випромінювання

Рівень шуму вимірювався протягом процесу зварювання на відстані близько 1,5 м від джерела шуму.

Еквівалентний рівень шуму в зоні зварювання незначно перевищує ГДР і становить $L_{eq} = 82$ дБА. Шум виробляє зварювальний процес, тому внеском фонового шуму можна знехтувати.

Враховуючи знаходження персоналу в кабіні дистанційного пульта керування, вживати захист від шуму недоцільно.

6. Переплавлення сталевих електродів в електрошлаковій печі Р-951

Величина змінного плавильного струму з частотою 50 Гц – 7500 А. Живлення електрошлакової печі здійснювалось від одного однофазного трансформатора А622М ($I_{2н} = 10000$ А) з блоком фазового регулювання напруги U-121.

УФ випромінювання

Вимірювання інтенсивності УФ-С випромінювання проводилось на відстані 2,0 м до місця плавки (центру плавильної ванни круглого перетину). Датчик випромінювання розташовувався в напрямку прямої видимості місця плавки на висоті 1,6 м від підлоги.

Визначено середню величину потоку випромінювання, яка становила 0,05 Вт/м². Розрахунковий допустимий час перебування в робочій зоні без засобів захисту від дії УФВ на протязі 8-ми годинного робочого дня становить:

- 2,5 хв на відстані 0,5 м від краю плавильної ванни;
- 10 хв на відстані 1,5 м від краю плавильної ванни;
- 23 хв на відстані 2,5 м від краю плавильної ванни;
- 8 год на відстані 14 м від плавильної ванни.

Заходи і засоби захисту від надмірного впливу УФВ:

- спецодяг;
- захисний щиток з окулярами¹;
- огороження пульта управління склом.

Акустичне випромінювання

Вимірювання проводилися в робочій зоні на відстані 4,0 м до місця плавки.

Еквівалентний рівень шуму в робочій зоні склав 70 дБА і не перевищує ГДР.

Переплавлення в печі Р-951 є безпечною щодо шуму технологією і не потребує застосування засобів захисту працюючих.

Висновки

1. Виконано дослідження можливостей мінімізації впливу оптичних (УФ) та акустичних випромінювань, що створюються обладнанням дугових, контактних та електрошлакових технологій. Для цього було проведено комплексні вимірювання рівнів зазначених випромінювань в робочій зоні, визначено їх залежності від відстані до джерела випромінювань і сили зварювального струму. Проведено порівняння цих рівнів з нормативними значеннями, прийнятими в Україні і в країнах ЄС.

2. Встановлено, що при електродугових ручних та механізованих способах зварювання (ММА, TIG, MIG/MAG) на границі робочої зони (1,5 м) інтенсивність УФ-С випромінювання становить 0,2...10 Вт/м², що значно перевищує нормативну величину 0,001 Вт/м². При цьому допустимий час перебування в робочій зоні не перевищує 1 хв. Тому можливості мінімізації УФ випромінювання до допустимого рівня організаційними методами (захист відстанню та часом, вибір режиму роботи устаткування) практично відсутні і необхідно використовувати засоби захисту. При тривалій роботі в зварювальних кабінах необхідно вживати заходи захисту від променів, що відбиваються від стін.

¹ Згідно з ОСТ 21-6-87 вибираються світлофільтри з маркуванням С-3, С-4.

При контактному зварюванні і електрошлаковому переплавленні для мінімізації впливу УФВ можливо як застосування організаційних методів, так і засобів захисту.

3. Встановлено, що для ручного дугового зварювання штучними електродами (ММА) та механізованого зварювання в захисних газах (MIG/MAG) рівень шуму на робочому місці перевищує ГДР в усьому діапазоні номінальних зварювальних струмів і досягає максимальної величини 96 дБА, але швидко знижується при віддаленні від місця зварювання. Границя безпечної щодо шуму робочої зони перебуває не далі 2,0 м від місця зварювання. Вплив зварювального струму на рівень шуму описується лінійною залежністю. Однак кількісна зміна рівня шуму в межах діапазону номінальних величин зварювального струму незначна і не перевищує 11%. При автоматизованому контактному зварюванні границя безпечної зони віддалена на 3 м при стиковому зварюванні і на 4 м – при пресовому зварюванні магнітно керованою дугою (ПЗМД).

Для всіх досліджених зварювальних технологій, які генерують переривчасті шуми, ефективним способом мінімізації акустичного випромінювання є "захист часом".

Література

1. ГОСТ 12.3.003-86. ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности.
2. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки (Сварка дуговая и электрошлаковая. Требования безопасности).
3. РМГ 77-2005. ГСИ. Интегральные характеристики ультрафиолетового излучения в охране труда. Методика выполнения измерений.
4. СН 4557-88. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях (Утв. Минздравом СССР 23.02.1988).
5. ГОСТ 17187-2010. Шумомеры. Ч. 1: Технические требования. – Введ. 01.11.2012.
6. ГОСТ 12.1.050-86. Методы измерения шума на рабочих местах. – Введ. 01.01.1987.
7. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Введ. 01.12.1999.
8. Левченко О.Г., Малахов А.Т., Арламов А.Ю. Ультрафиолетовое излучение при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. – Автоматическая сварка. – 2014. – № 6-7. – С. 155-158.
9. Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure on workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation).
10. ОСТ 21-6-87. ССБТ. Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве. Технические условия. – Введ. 1.07.1987.

11. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.

12. Левченко О.Г., Кулешов В.А., Арламов А.Ю. Санитарно-гигиеническая оценка шума при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. – Автоматическая сварка. – 2014. – № 9 – с. 47-50.

13. Левченко О.Г., Кулешов В.А., Арламов А.Ю. Характеристики шума при сварке в аргоносодержащих защитных газах. – Автоматическая сварка. – 2015. – № 9 – с. 45-48.