

УДК 621.791:614.8

О. Г. Левченко, д. т. н., с. н. с (ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України),
О. Ю. Арламов, ст. викл. (НТТУ «КПІ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПРАЦІВНИКІВ ПІД ЧАС РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

O. G. Levchenko, (E. O. Paton Electric Welding Institute), **O. Y. Arlamov** (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

RESEARCH OF INFLUENCE ULTRAVIOLET RADIATION ON THE WORKERS DURING MANUAL ARC WELDING

У статті наведено результати дослідження інтегральних характеристик ультрафіолетового випромінювання під час ручного дугового зварювання штучними плавкими електродами. Встановлено залежності інтенсивності випромінювання від відстані до місця зварювання і від величини зварювального струму. Визначено безпечні відстані для допоміжного персоналу залежно від часу дії відповідно до стандартів безпеки, які діють в Україні і країнах ЄС.

Ключові слова: ультрафіолетове випромінювання, інтегральні характеристики, безпечна відстань, ручне дугове зварювання, покриті електроди.

В статье приведены результаты исследований интегральных характеристик ультрафиолетового излучения при ручной дуговой сварке штучными плавящимися электродами. Установлены зависимости интенсивности излучения от расстояния до места сварки и от величины сварочного тока. Определены безопасные расстояния для вспомогательного персонала, в зависимости от времени воздействия излучения в соответствии со стандартами безопасности, действующими в Украине и странах ЕС.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, интегральные характеристики, безопасное расстояние, ручная дуговая сварка, покрытые электроды.

The results of the study integral characteristics of ultraviolet radiation during manual arc welding electrodes by artificial melting of different brands and types of coatings. The dependences of the radiation intensity on the safety distance from the welding arc and the welding current. Present hygienic assessment of safety distances for support staff, depending on the time of action in accordance with the safety standards in force in Ukraine and the EU.

Keywords: ultraviolet radiation, the integral characteristics, safety distance, manual arc welding, coated electrodes.

Вступ. Ультрафіолетове випромінювання (УФ-випромінювання), це електромагнітне випромінювання, яке займає діапазон між фіолетовою межею видимого випромінювання і рентгенівським випромінюванням (380...10 нм, $7,9 \cdot 10^{14}$... $3 \cdot 10^{16}$ Гц). Діапазон умовно поділяють на ближній (380...200 нм) і дальній, або вакуумний (200...10 нм) ультрафіолет, який досліджується тільки вакуумними приладами.

У свою чергу, згідно з діючими в Україні нормами [1] для ближнього діапазону встановлено допустимі величини УФ-випромінювання на постійних та непостійних робочих місцях від виробничих джерел з урахуванням спектрального складу випромінювання (рис. 1):

- довгохвильового (УФ-А) – 400...315 нм;
- середньохвильового (УФ-В) – 315...280 нм;
- короткохвильового (УФ-С) – 280...200 нм.

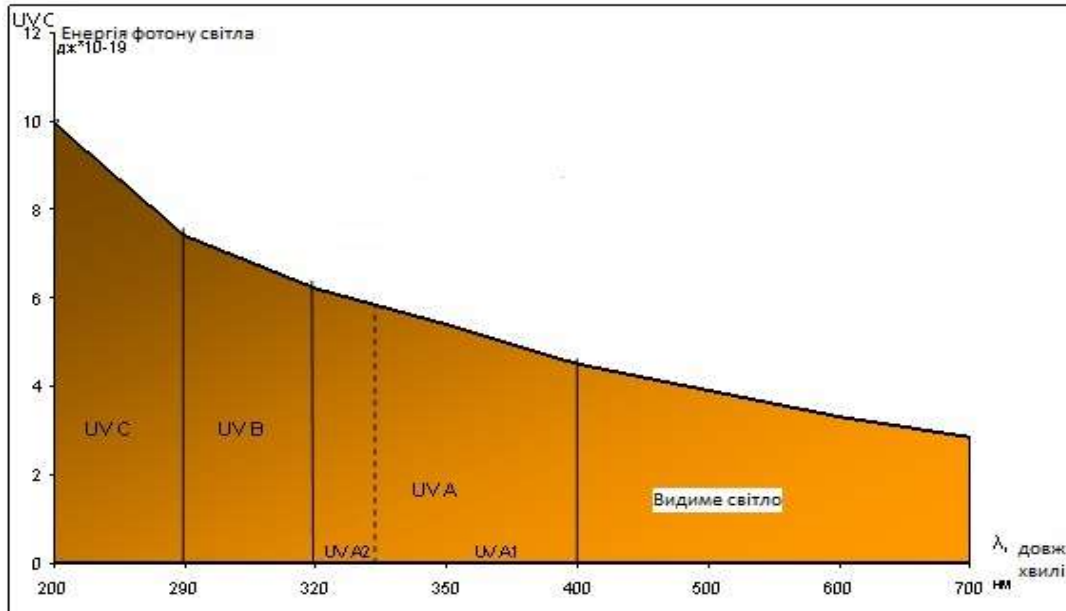


Рис. 1. Залежність енергії фотону світла E_{ϕ} від довжини хвилі λ

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час взаємодії УФ-випромінювання з речовиною може відбуватися іонізація його атомів та фотоелектр. У дії кожного з УФ-діапазонів на живий організм є істотні відмінності. УФ-промені діють на речовину, у тому числі і живу, за тими ж законами, що і видиме світло. Частина енергії, що поглинається, перетворюється на тепло, але теплова дія ультрафіолетових променів на організм не надає помітного впливу. Інший спосіб передачі енергії – люмінесценція. Фотохімічні реакції під дією УФ-променів проходять найбільш інтенсивно. Енергія фотонів УФ-світла дуже велика, тому під час їх поглинання молекула іонізується і розпадається на частки. Іноді фотон вибиває електрон за межі атома. Найчастіше відбувається збудження атомів і молекул. Під час поглинання одного кванта світла з довжиною хвилі 254 нм енергія молекули зростає до рівня, який відповідає енергії теплового руху за температури 3800°C.

Бактерицидна і мутагенна дія УФ-випромінювання зумовлена тим, що енергії УФ-кванта досить для того, щоб перемістити електрон в атомі з внутрішнього на зовнішній рівень, перевести атом у нестабільний стан і збільшити його схильність до участі в хімічних реакціях. Для статевих клітин людини УФ-промені не є небезпечними, оскільки поглинаються епідермісом. Для людини критичними органами під час впливу ультрафіолету є шкіра, очі та імунна система. Опромінення шкіри в досить високих дозах викликає

виникнення асептичного запалення або еритеми. Це призводить до загибелі клітин епідермісу з подальшою денатурацією білків і ферментативною трансформацією її продуктів у біологічно активні речовини, найважливішою з яких є гістамін [2].

Спектр еритемної дії УФ-випромінювання максимальний на довжині хвилі 297 нм (УФ-В діапазон) і має глибокий спад близько 280 нм. Далі ефективність збільшується та досягає другого максимуму на 296 нм (УФ-С діапазон) (рис. 2).

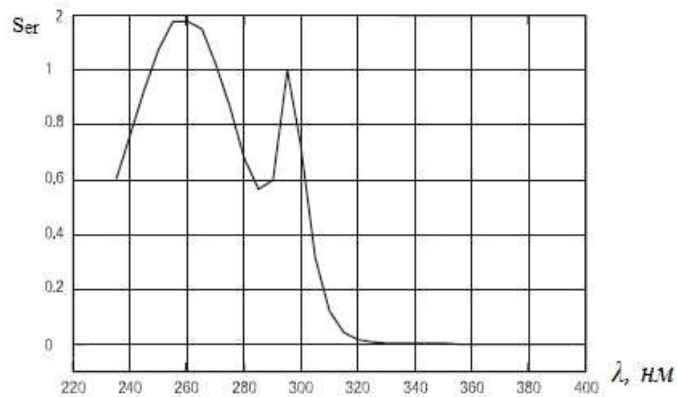


Рис. 2. Залежність еритемної дії УФ-випромінювання $s_{er}(\lambda)$ від довжини хвилі

Важливим наслідком опромінення у великих дозах є пригноблення потовиділення і зниження сенсорної чутливості шкіри, а також погіршення загального стану організму, мабуть, яке зумовлене викидом у циркуляцію надмірної кількості фізіологічно активних речовин. У разі хронічного опромінення з малою інтенсивністю деякі з перерахованих змін стану шкіри можна спостерігати без виникнення еритеми. Фізіологічно активні речовини, які поступають в загальний потік крові, є однією з головних причин тонізуючої дії УФ-випромінювання, а тривала активація синтезу меланіну, ДНК і білків збільшує пігментацію і товщину рогового шару шкіри, підвищуючи її резистентність до подальших опромінь. Незважаючи на це, багатократні УФ-опромінення не проходять безслідно. Шкіра втрачає поверхневу структуру, ушкоджуються волокна її глибоких шарів, вона стає ламкою і схильною до ушкодження при мінімальній травмі – розвивається так званий фотоеластоз, який багато дослідників вважають передраковим станом [2].

Слизова оболонка ока не має захисного рогового шару, тому вона більш чутлива до опромінення ніж шкіра. Різь в очах, почервоніння, сльозотеча, часткова сліпота з'являються в результаті дегенерації та загибелі клітин кон'юктиви і рогівки. Клітини при цьому стають непрозорими. На відміну від шкіри, очі не виробляють стійкості до підвищених дій УФ-випромінювання і після нового опромінення виникають такі самі симптоми. Кон'юнктивний спектр дії має максимум за довжиною хвилі 257 нм (рис. 3), мінімальна ефективна доза дорівнює 40 Дж/м^2 за високої інтенсивності випромінювання і зростає зі зменшенням інтенсивності.

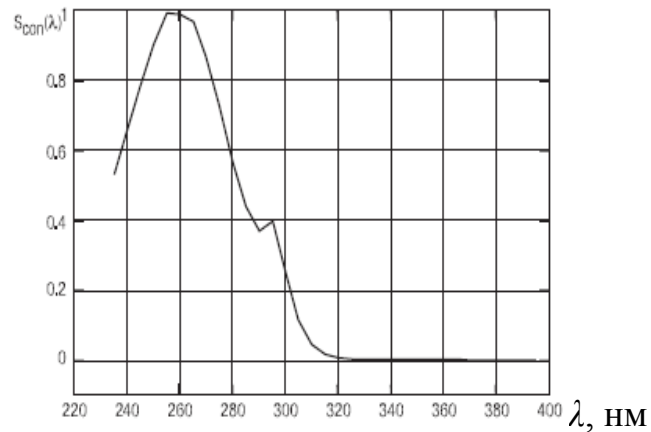


Рис. 3. Залежність кон'юктивної дії УФ-випромінювання $s_{con}(\lambda)$ від довжини хвилі

Довгохвильові УФ-промені, досягаючи кристаліка у великих дозах, можуть викликати його помутніння або катаракту [2].

Незважаючи на важливість досліджень УФ-випромінювань під час електродугового зварювання для безпеки персоналу, публікації з цієї тематики в Україні практично відсутні.

Метою роботи є комплексне дослідження інтегральних характеристик ультрафіолетового випромінювання під час ручного дугового зварювання покритими електродами різних марок і видів покриттів, призначених для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей.

Робота виконувалася відділом проблем охорони праці та екології у зварювальному виробництві ІЕЗ ім. Є.О. Патона разом з кафедрою охорони праці, промислової та цивільної безпеки ІЕЕ НТУУ «КПІ»

Результати досліджень. Експериментальні дослідження виконано під час ручного дугового зварювання покритими електродами діаметром 4 мм у нижньому положенні зварного шва. Зварювання здійснювалось у закритому приміщенні при температурі повітря 15...20 °С і відносній вологості 50...60 % з витяжною вентиляцією над місцем зварювання. Для живлення електричним струмом використовувався випрямляч зварювальний марки ВДУ-506. Зварювальний струм фіксувався на значеннях 150, 175 і 200 А, що відповідає рекомендованим режимам для електродів марок АНО-4, АНО-12, АНО-36, МР-3, УОНИ 13/55. Вимірювання виконувалися на фіксованих відстанях 0,55 м (середня відстань від обличчя зварника до електричної дуги), 1 м та 1,5 м від точки зварювання (де знаходиться допоміжний персонал). Під кутом 27...30° у напрямку до горизонтальної зварювальної поверхні розташовувався УФ-С або УФ-А датчик одноканального автоматичного дозиметра оптичного випромінювання ДАУ-81. Датчики були спрямовані на точку зварювання в межах прямої видимості. Упродовж 30 та 60 с дозиметром фіксували значення дози опромінення.

Величина середньої інтенсивності випромінювання E розраховувалася за формулою:

$$E = \frac{H}{t} \text{ [Вт/м}^2\text{]}, \text{ де:} \quad (1)$$

H – доза опромінення, Дж/м²; t – час вимірювання, с.

Для підвищення достовірності експериментальних результатів вимірювання в однакових умовах повторювалися 2 або 3 рази. Обробка вимірювань проводилася методом найменших квадратів. У ході досліджень встановлено, що інтенсивність випромінювання суттєво залежить від відстані d (м) до джерела випромінювання (зварювальна дуга) і зварювального струму I (А). Попередньо висунена гіпотеза про те, що на цих відстанях інтенсивність випромінювання підлягає закону зворотних квадратів ($E \sim 1/d^2$). У результаті обробки результатів вимірювань цю залежність підтверджено з високою точністю (табл. 1).

Таблиця 1. Розрахункові величини інтенсивності УФ-випромінювання на відстані 1 м

Марка електрода	Вид електродного покриття	Інтенсивність випромінювання УФ-С, Вт/м ²			Інтенсивність випромінювання УФ-А, Вт/м ²		
		Струм I , А			Струм I , А		
		150	175	200	150	175	200
АНО-4	Рутилове	0,87	2,0	3,2	1,1	2,8	4,5
УОНІ 13/55	Основне	0,70	2,1	3,5	1,1	2,2	3,3
АНО-36	Рутил-целюлозне	0,55	2,1	3,7	1,4	3,2	5,1
АНО-12	Основне	0,65	2,4	4,2	0,5	1,8	3,2
МР-3	Рутилове	0,95	2,5	4,1	1,2	2,9	4,7

Аналіз табл. 1 показує, що емісія УФ-С випромінювання під час зварювання залежить від величини зварювального струму. Істотна залежність від величини струму дає можливість припустити, що інтенсивність оптичного випромінювання в основному залежить від потужності зварювальної дуги. Встановлено, що вид електродного покриття суттєво не впливає на рівень УФ-випромінювання.

Відповідно до [1] допустимі величини УФ-випромінювання за наявності незахищених ділянок поверхні шкіри не більше 0,2 м² і періоду опромінення до 5 хв. з тривалістю пауз між ними не менше 30 хв. і загальній тривалості впливу за зміну до 60 хв. не повинна перевищувати: 50,0 Вт/м² для ділянки УФ-А; 0,05 Вт/м² – УФ-В; 0,001 Вт/м² – УФ-С.

З урахуванням цих норм визначимо безпечні відстані d_s для допоміжного персоналу за наявності незахищених ділянок поверхні шкіри і таких, що знаходяться у напрямку прямої видимості з місця зварювання за формулою:

$$d_s = \sqrt{\frac{a + b \cdot I}{E_s}} \text{ [м]}, \text{ де:} \quad (2)$$

a , b – коефіцієнти, які визначено у матричній формі [3]; E_s –

граничнодопустима величина інтенсивності випромінювання, яка відповідає нормам безпеки, Вт/м².

Таблиця 2. Безпечні відстані d_s , (м) впливу УФ-випромінювання на допоміжний персонал під час ручного дугового зварювання

Марка електрода	Безпечні відстані					
	Діапазон випромінювання УФ-С			Діапазон випромінювання УФ-А		
	Струм I , А			Струм I , А		
	150	175	200	150	175	200
АНО-4	30	45	57	0,15	0,24	0,30
УОНІ 13/55	27	46	60	0,15	0,21	0,26
АНО-36	24	46	61	0,17	0,25	0,32
АНО-12	26	49	65	0,10	0,19	0,25
МР-3	31	50	64	0,16	0,24	0,31

Як впливає з табл. 2, мінімальні відстані, на яких може перебувати допоміжний персонал при ручному дуговому зварюванні в напрямку прямої видимості місця зварювання, досить великі в разі впливу УФ-С випромінювання та становлять від 24 до 64 м залежно від величини зварювального струму. Для УФ-А випромінювання ці відстані значно менші, але, враховуючи одночасну наявність променів обох діапазонів у спектрі, безпечними є величини, розраховані для УФ-С випромінювання. У разі необхідності перебування допоміжного персоналу в зоні впливу, необхідно вживати заходи з захисту відкритих ділянок шкіри та очей від УФ-випромінювання.

Висновки

У результаті натурних вимірювань встановлено, що допоміжний персонал може піддаватися шкідливому впливу УФ-випромінювання, інтенсивність якого значно перевищує встановлені в Україні нормативні вимоги.

Розраховано мінімальні відстані, на яких може перебувати допоміжний персонал під час ручного дугового зварювання в напрямку прямої видимості місця зварювання.

Список використаних джерел

1. НАОП 0.03-3.17-88/ДНАОП 0.03-3.17-88/СН 4557-88. Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях – [Затв. 1988–02–23 № 4557-88].
2. Kozlowski C. UV radiation emitted by selected sources at work / C. Kozlowski // International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. – 2001. – No. 3, Vol. 14. – P. 287–292.
3. Магнус Я. Р. Эконометрика. / Я. Р. Магнус, П. К. Катышев, А. А.

Пересецкий.– М.: Дело, 1998. – 248 с.

Стаття надійшла до редакції 04.11.2014 р.

УДК 331.451

К. О. Левчук, к. е. н., доц., **Р. Я. Романюк**, к. т. н. (Дніпродзержинський державний технічний університет)

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВИКЛИКАЮТЬ ВТОМУ, ТА ЇЇ ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ ПРАЦІ

E. A. Levchuk, R. J. Romaniuk (Dneprodzerzhinsk state technical university)

THE ANALYSIS OF FACTORS WHICH CAUSE WEARINESS, AND ITS INFLUENCE ON SAFETY OF WORK

Проаналізовані основні причини появи втоми у працівників та розглянуто її вплив на стан здоров'я людей та працездатність. Розроблені рекомендації щодо зменшення проявів втоми різних видів, в тому числі, і професійної, недопущення її глибоких стадій, а також прискорення відновлення сил і працездатності без шкоди для здоров'я працівників.

Ключові слова: втома, симптоми, працездатність, профілактика, рекомендації.

Проанализированы основные причины появления усталости у работников и рассмотрено её влияние на состояние здоровья людей и трудоспособность. Приведены: степени усталости работников, которые возникают под влиянием производственных нагрузок, их характеристика, симптомы и влияние на выполнение своих профессиональных обязанностей. Разработаны рекомендации по уменьшению проявлений усталости разных видов, в том числе, и профессиональной, недопущению её глубоких стадий, а также ускорению восстановления сил и трудоспособности без вреда для здоровья работников.

Ключевые слова: усталость, симптомы, трудоспособность, профилактика, рекомендации.

Principal causes of occurrence of weariness at workers are analysed and its influence on a state of health people and work capacity is considered. Are resulted: degrees of weariness workers which arise under the influence of labour loads, their characteristic, symptoms and influence on fulfillment of the professional obligations. Including, and professional, not to an assumption of its deep stages, and also acceleration of restoration forces and work capacity without harm recommendations about reduction of displays weariness of different kinds are developed for health of workers.

Keywords: weariness, symptoms, work capacity, preventive maintenance, recommendations.

Вступ. Під поняттям "втома" розуміють комплекс відчуттів, що супроводжують розвиток стану стомлення, та охоплює широкий діапазон явищ. Воно не має єдиного і досить точного визначення.