

doi:10.15199/48.2023.04.40

Potencjalne narażenie pracowników na technologiczne źródła promieniowania UV na wybranych stanowiskach pracy

Streszczenie. W artykule dokonano analizy potencjalnych zagrożeń wynikających z emisji promieniowania nadfioletowego oraz przedstawiono kryteria oceny zagrożenia tym promieniowaniem. Scharakteryzowano technologiczne źródła promieniowania UV. Omówiono metodę i aparaturę stosowaną do oceny narażania pracowników na źródła promieniowania UV. Następnie przedstawiono wyniki oceny ryzyka zawodowego dla przykładowych, technologicznych stanowisk pracy – spawaczy elektrycznych i gazowych, na których występuje ekspozycja pracowników na promieniowanie UV.

Abstract. The article analyzes the potential threats resulting from the emission of ultraviolet radiation and presents the criteria for assessing the risk of this radiation. Technological sources of UV radiation were characterized. The method and apparatus used to assess the exposure of workers to UV radiation sources are discussed. Then, the results of occupational risk assessment are presented for exemplary technological workplaces - electric and gas welders, where workers are exposed to UV radiation. (**Potential exposure of employees to technological sources of UV radiation at selected workplaces**).

Słowa kluczowe: ekspozycja, promieniowanie UV, ryzyko zawodowe, spawanie elektryczne i gazowe.

Keywords: exposure, UV radiation, occupational hazards, electric and gas welding.

Wstęp

Promieniowanie nadfioletowe (UV) jest to promieniowanie optyczne o długości fali w przedziale od 100 nm do 400 nm. Zakres nadfioletu dzieli się na pasma: UVA (315 ÷ 400 nm), UV-B (280 ÷ 315 nm) oraz UV-C (100 ÷ 280 nm). Fizyczne, chemiczne lub biologiczne zmiany w organizmie człowieka wywołane oddziaływaniem promieniowania optycznego określa się jako skutek promieniowania optycznego. Rodzaj skutku promieniowania optycznego zależy od składu widmowego promieniowania. W przypadku promieniowania nadfioletowego mamy do czynienia z działaniem o charakterze fotochemicznym, a jego skutek biologiczny zależy od ilości pochłoniętego promieniowania (zależnego od ekspozycji), długości fali i rodzaju ekspozowanej tkanki. Rozróżniamy dwa podstawowe rodzaje szkodliwego oddziaływania nadfioletu na organizm człowieka: na oczy oraz na skórę. Promieniowanie z zakresu średniego i dalekiego nadfioletu (UV-B i UV-C) może powodować nawet nieodwracalne zagrożenia dla rogówki i spojówki oka, a bliski nadfiolet (UV-A) powoduje zmętnienie soczewki (zaćma). Najczęściej spotykanym i widocznym „gołym okiem” objawem ekspozycji skóry na promieniowanie UV jest jej rumień czyli erytema. Okazuje się, że najbardziej niebezpiecznym dla skóry jest zakres UV-B, który powoduje, w wyniku nadmiernej ekspozycji, bolesne obrzęki i pęcherze [1]. W skrajnym przypadku skutkiem tej ekspozycji są różnego rodzaju nowotwory skóry, w tym czerniak. Natomiast rumień wywołany promieniowaniem UV-C ustępuje po około 2-3 dniach. Do niedawna panowało przekonanie, że promieniowanie z zakresu bliskiego nadfioletu (UV-A) praktycznie nie stwarza zagrożenia dla skóry. Jednak wiele obserwacji z ostatnich kilkunastu lat [2, 3] wykazało, że także promieniowanie UV-A powoduje wiele niekorzystnych zjawisk, zachodzących w skórze człowieka.

Większość z dostępnych, opublikowanych wyników badań w zakresie oddziaływania promieniowania UV na człowieka dotyczy promieniowania naturalnego (słonecznego) oraz ekspozycji w solariach, które są uważane za jedną z głównych przyczyn zachorowań na czerniaka [4]. Na podstawie badań dotyczących zachorowalności i umieralności na czerniaka wysnuto wniosek, że częściej ekspozującą się na sztuczne źródła promieniowania UV jest płeć żeńska, szczególnie w

przedziale wiekowym 15-29 lat [5]. Jednak nie można tych wyników przełożyć bezpośrednio na narażenie na promieniowanie UV występujące podczas niektórych procesów technologicznych.

Kryteria oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym

Bezpieczeństwo na stanowisku pracy, związane z ekspozycją pracowników na promieniowanie optyczne określa rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [6]. Zgodnie z tym rozporządzeniem istnieje możliwość ustalenia poziomu promieniowania, przede wszystkim, na podstawie pomiarów odpowiednich parametrów promieniowania UV.

Zgodnie z Dyrektywą 2006/25/WE [7] oraz rozporządzeniem Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 12 czerwca 2018 r. [8], w odniesieniu do promieniowania nadfioletowego, jako kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym przyjęto niedopuszczenie do powstania rumienia skóry, zapalenia rogówki i spojówki oka, rozwoju zmian nowotworowych skóry i zaćmy soczewki. Na tej podstawie wyznaczono następujące wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE):

- najwyższe dopuszczalne napromienienie skuteczne N_s promieniowaniem nadfioletowym oka i skóry w ciągu zmiany roboczej wynosi 30 J/m^2 , wyznaczane według krzywej skuteczności $S(\lambda)$ w zakresie $180 \div 400 \text{ nm}$,
- w celu niedopuszczenia do powstania zaćmy ze względu na ekspozycję rogówki oka na promieniowanie UV, dodatkowo ograniczono całkowite nieselektywne (niezależne od długości fali) napromienienie N_c oczu promieniowaniem pasma $315 \div 400 \text{ nm}$ do wartości $10\,000 \text{ J/m}^2$ w ciągu zmiany roboczej.

W PN-T-06589: 2002 [9] określono rozkład widmowy względnej skuteczności biologicznej promieniowania nadfioletowego S_{λ} , powodującego powstanie rumienia skóry oraz stanów zapalnych rogówki i spojówki oka.

Wyznaczony na podstawie pomiarów średni poziom promieniowania należy przemnożyć przez czas całkowitej ekspozycji w celu uzyskania średniego poziomu ekspozycji

(PE) narażonych części ciała pracownika. Następnie należy wyznaczyć krotność wartości MDE (k), ze wzoru

$$(1) \quad k = \frac{PE}{MDE}$$

W zależności od krotności MDE określa się ryzyko zawodowe ze względu na poziom ekspozycji [10] oraz częstotliwość wykonywania pomiarów, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych w środowisku pracy [11].

Zgodnie z rozporządzeniem [11] pracodawca ma obowiązek wyznaczać poziom ekspozycji:

- raz w roku w przypadku, jeżeli ostatnio wyznaczony poziom przekraczał 0,7 MDE,
- raz na dwa w przypadku, gdy ostatnio wyznaczony poziom wyniósł powyżej 0,4 do 0,7 wartości MDE.

W przypadku, gdy na badanym stanowisku, na którym wykonano powtarzalne pomiary w odstępie dwóch lat, wyznaczone z pomiarów krotności MDE wynoszą ponownie poniżej 0,4 wartości MDE, zgodnie z rozporządzeniem [8] można odstąpić od wykonywania dalszych badań tego promieniowania pod warunkiem, że na tych stanowiskach nie zostaną wprowadzone zmiany w wyposażeniu technicznym lub warunkach wykonywania pracy (między innymi zmiana czasu ekspozycji).

Metoda i aparatura stosowana do oceny narażenia pracowników na sztuczne źródła promieniowania UV

Metoda oceny narażenia pracowników na źródła promieniowania UV opracowana została na podstawie zapisów zawartych w normie PN-T-06589: 2002 [9]. Pomiary, określonych w rozporządzeniu [6] parametrów promieniowania UV, wykonano na rzeczywistych stanowiskach pracy w obecności pracownika. W związku z tym oceniano zagrożenie fotochemiczne rogówki i spojówki oka oraz skóry twarzy i rąk skutecznym $S(\lambda)$ natężeniem napromienienia promieniowaniem UV oraz zagrożenie fotochemiczne soczewki oka całkowitym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym w zakresie UV-A. W przypadku oceny zagrożenia oczu i skóry twarzy odpowiednią sondą pomiarową trzymano jak najbliższej zagrożonych miejsc pracownika (rys. 1).



Rys. 1. Przykład pomiaru zagrożenia fotochemicznego oczu na stanowisku spawacza

Analogicznie, ocenę zagrożenia skóry dłoni wykonano umieszczając sondę jak najbliższej narażonej części dłoni od strony źródła promieniowania. We wszystkich przypadkach sondę kierowano w stronę bezpośredniego źródła promieniowania lub jego odbicia w powierzchni, która

znajduje się w polu widzenia pracownika. W każdym przypadku wykonano co najmniej 10 odczytów, starając się uzyskiwać jak największe wartości wskazań, z których wyznaczano wartość średnią. Dokonywano również pomiaru odległości narażonych części ciała pracownika od źródła promieniowania, jednak wynik ten nie jest wykorzystywany do obliczeń oceny zagrożenia.

Pomiary parametrów promieniowania UV wykonano z wykorzystaniem radiometru typ ILT 1400 (rys. 2) oraz dwóch sond pomiarowych przeznaczonych do oceny:

- skutecznego $S(\lambda)$ natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym (ocena zagrożenia fotochemicznego rogówki i spojówki oka oraz skóry twarzy i rąk) - E_s ,
- całkowitego natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym w zakresie UV-A (ocena zagrożenia fotochemicznego soczewki oka) - E_{UVA} .

Konstrukcja oraz parametry techniczne powyższych sond umożliwiają zgodną z rozporządzeniem Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej [8] ocenę narażenia pracowników na źródła promieniowania UV. Radiometr oraz obie sondy pomiarowe podlegają nadzorowi metrologicznemu CIOP-PIB.



Rys. 2. Radiometr ILT 1400 wraz z sondą pomiarową

Wyniki narażenia pracowników na technologiczne źródła promieniowania UV na wybranych stanowiskach pracy

Źródłami technologicznymi, w których występuje promieniowanie UV są: spawanie łukowe (np. łukiem elektrycznym lub plazmowym), spawanie gazowe, cięcie łukiem plazmowym, natryskiwanie cieplne, cięcie tlenowe, elektrodrażenie i inne. W trakcie tych procesów emitowane jest promieniowanie, które jest sumą promieniowania termicznego rozżarzonych elektrod i roztopionego metalu oraz luminescencji materiału elektrod, gazu spawalniczego, topnika i łączonych elementów. W efekcie emitowane jest przede wszystkim bardzo intensywne promieniowanie widzialne i nadfioletowe oraz w mniejszym stopniu promieniowanie podczerwone. Jest to głównie spowodowane wysoką temperaturą łuków spawalniczych elektrycznych oraz plazmy w palnikach plazmowych. Najczęściej stosowane metody spawania to: MMA (Manual Metal Arc Welding) - spawanie elektrodami topliwymi otulonymi, MIG/MAG (Metal Inert Gas / Metal Active Gas) - spawanie elektrodami topliwymi w osłonie gazów obojętnych / spawanie w osłonie gazów aktywnych, TIG (Tungsten Inert Gas) - spawanie elektrodą nietopliwą w osłonie gazowej.

W dalszej części tego rozdziału przedstawiono wyniki oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym na przykładowych stanowiskach spawania elektrycznego i gazowego.

Spawanie stali nierdzewnej metodą TIG

- czynność: spawanie tłumika ze stali nierdzewnej (rys. 3),
- spawarka KEMPI Master TIG MLS 2300 AC/DC, I = 83 A, spoiwo – drut ze stali nierdzewnej Si 318, 2,0 x 1 000 mm,
- ochrony osobiste: przyłbica KEMPER autodark 650; rękawice spawalnicze,
- ocena ryzyka zawodowego - duże - ze względu na zagrożenie oczu oraz skóry rąk promieniowaniem nadfioletowym (tab. 1).



Rys. 3. Badane stanowisko spawania metodą TIG stali nierdzewnej

Spawanie aluminium metodą TIG

- czynność: spawanie chłodnicy aluminiowej (rys. 4),
- spawarka Faltig 400 AC/DC, I = 200 A, spoiwo - drut aluminiowy 2,0 x 1 000 mm,
- ochrony osobiste: tarcza spawalnicze z filtrem „12”, rękawice spawalnicze,
- ocena ryzyka zawodowego - duże - ze względu na zagrożenie oczu oraz skóry rąk promieniowaniem nadfioletowym (tab. 2).



Rys. 4. Badane stanowisko spawania metodą TIG chłodnicy aluminiowej



Rys. 5. Badane stanowisko spawania metodą MAG stali St3s

Spawanie metodą MAG w osłonie Ar (82 %) i CO₂ (18 %)

- materiał spawany - złącze kątowe wykonane ze stali St3s (rys. 5),
 - elektroda - OK Autrod 12.31 (G3Si1) ESAD - drut stalowy do spawania stali węglowej o średnicy 1,2 mm,
 - parametry spawania: I = 174 A, U = 24,4 V,
 - ochrony osobiste: przyłbica - POS 20 z filtrem „11”; rękawice skórzane TEGERA, czapeczka na głowie,
- ocena ryzyka zawodowego - duże - ze względu na zagrożenie oczu oraz skóry rąk promieniowaniem nadfioletowym (tab. 3).

Spawanie elektryczne elektrodą otuloną (MMA)

- materiał spawany – złącze kątowe wykonane ze stali St3s (rys. 6),
- elektroda w otulinie zasadowej EBP, E383B42 o średnicy 2,5 mm SPAWMET oraz drut stalowy do spawania stali węglowej w otulinie o średnicy 1,2 mm,
- parametry spawania: I = 96 A,
- ochrony osobiste: przyłbica - POS 20 z filtrem „11”; rękawice skórzane TEGERA,
- ocena ryzyka zawodowego - duże - ze względu na zagrożenie oczu oraz skóry rąk promieniowaniem nadfioletowym (tab. 4).



Rys. 6. Badane stanowisko spawania elektrycznego elektrodą otuloną (MMA)

Spawanie gazowe

- źródło promieniowania – łuk spawalniczy podczas spawania z wykorzystaniem mieszanki tlenu i acetylenu (rys. 7),
- czynność – spawanie gazowe kolanka do rury o średnicy 80 mm ze stali St3,
- spoiwo: drut miedziowany o średnicy 3,25 mm,
- ochrony osobiste: gogle spawalnicze; rękawice spawalnicze,
- ocena ryzyka zawodowego - duże - ze względu na zagrożenie oczu oraz skóry twarzy i rąk skutecznym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym (tab. 5). W zależności od rodzaju spawanego materiału oraz czasu ekspozycji może również występować średnie ryzyko ze względu na zagrożenie oczu oraz skóry twarzy skutecznym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym.

Cięcie acetylenowe

- źródło promieniowania – łuk spawalniczy podczas cięcia stali z wykorzystaniem mieszanki tlenu i acetylenu (rys. 8),
- czynność: cięcie acetylenowe blachy ze stali St3,
- ochrony osobiste: gogle ERMET CENSI - 1; rękawice spawalnicze,
 - ocena ryzyka zawodowego – duże – ze względu na zagrożenie skóry rąk skutecznym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym (tab. 6).



Rys. 7. Badane stanowisko spawania gazowego



Rys. 8. Badane stanowisko cięcia acetylenowego

Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe podczas spawania metodą TIG stali nierdzewnej

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Narażona część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji t_c [s]	Średni poziom promieniowania [W/m^2]	Poziom ekspozycji [J/m^2]	MDE [J/m^2]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	Oczy	0,34	16 200 (4,5 godz.)	$E_s = 0,665$	$H_s = 10\ 773$	30	359
Soczewki				$E_{UVA} = 1,10$	$H_{UVA} = 17\ 820$	10 000	1,78
Skóry	Twarz	0,09		$E_s = 0,665$	$H_s = 10\ 773$	30	359
	Ręce			$E_s = 2,49$	$H_s = 40\ 338$		1 345

Tabela 2. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie

nadfioletowe podczas spawania metodą TIG chłodnicy aluminiowej

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Narażona część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji t_c [s]	Średni poziom promieniowania [W/m^2]	Poziom ekspozycji [J/m^2]	MDE [J/m^2]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	Oczy	0,46	16 200 (4,5 godz.)	$E_s = 7,79$	$H_s = 126\ 198$	30	4 207
Soczewki				$E_{UVA} = 12,7$	$H_{UVA} = 205\ 740$	10 000	20,6
Skóry	Twarz	0,12		$E_s = 7,79$	$H_s = 126\ 198$	30	4 207
	Ręce			$E_s = 12,46$	$H_s = 201\ 852$		6728

Tabela 3. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe podczas spawania metodą MAG w osłonie argonu

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Ekspozowana część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji t_c [s]	Średni poziom promieniowania [W/m^2]	Poziom ekspozycji [J/m^2]	MDE [J/m^2]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	Oczy	0,34	4 800 (1,3 godz.)	$E_s = 0,0316$	$H_s = 151,68$	30	5,1
Soczewki				$E_{UVA} = 50,7$	$H_{UVA} = 243\ 360$	10 000	24,3
Skóry	Twarz	0,08		$E_s = 0,0316$	$H_s = 151,68$	30	5,1
	Ręka			$E_s = 0,261$	$H_s = 1\ 253$		41,8

Tabela 4. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe podczas spawania elektrycznego elektrodą otuloną

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Ekspozowana część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji t_c [s]	Średni poziom promieniowania [W/m^2]	Poziom ekspozycji [J/m^2]	MDE [J/m^2]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	Oczy	0,22	14 400 (4 godz.)	$E_s = 0,01004$	$H_s = 144,6$	30	4,8
Soczewki				$E_{UVA} = 14,28$	$H_{UVA} = 205\ 632$	10 000	20,6
Skóry	Twarz	0,11		$E_s = 0,01004$	$H_s = 144,6$	30	4,8
	Ręka			$E_s = 0,0568$	$H_s = 817,9$		27,3

Tabela 5. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe podczas spawania elektrycznego elektrodą otuloną

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Narażona część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji t_c [s]	Średni poziom promieniowania [W/m^2]	Poziom ekspozycji [J/m^2]	MDE [J/m^2]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	Oczy	0,43	12 600 (3,5 godz.)	$E_s = 0,00273$	$H_s = 34,4$	30	1,15
Soczewki				$E_{UVA} = 0,0461$	$H_{UVA} = 581$	10 000	0,06
Skóry	Twarz	0,20		$E_s = 0,00273$	$H_s = 34,4$	30	1,15
	Ręka lewa			$E_s = 0,018$	$H_s = 226,8$		7,6

Tabela 6. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe podczas cięcia acetylenowego

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Ekspozowana część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji t_c [s]	Średni poziom promieniowania [W/m^2]	Poziom ekspozycji [J/m^2]	MDE [J/m^2]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	Oczy	0,62	18 000 (5 godz.)	$E_s = 0,00112$	$H_s = 20,16$	30	0,67
Soczewki				$E_{UVA} = 0,0096$	$H_{UVA} = 173$	10 000	0,02
Skóry	Twarz	0,37		$E_s = 0,00112$	$H_s = 20,16$	30	0,67
	Ręka			$E_s = 0,00256$	$H_s = 46,1$		1,54

Analiza niepewności pomiarowej

W normie dotyczącej wykonywania pomiarów promieniowania optycznego [12] podany jest wymóg, że „niepewność nie powinna przekraczać 30 % (przy poziomie ufności 95 % i współczynnika rozszerzenia $k = 2$) dla pomiarów, których wyniki są porównywalne z wartościami granicznymi ekspozycji” - co ma właśnie miejsce w przedstawionych w niniejszym artykule wynikach pomiarów.

Wyznaczona niepewność rozszerzona układu radiometr i sonda pomiarowa przeznaczona do pomiaru skutecznego natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym wynosi 5,53 a układu radiometru z sondą przeznaczoną do pomiaru napromienienia promieniowaniem nadfioletowym w zakresie UV-A wynosi 5,62. W niepewności tej jest uwzględniona wartość niepewności rozszerzonej źródła wzorcowego. Występująca składowa budżetu niepewności wynikająca z wyznaczenia całkowitego czasu narażenia jest pomijalnie mała w stosunku do przytoczonych wartości. Natomiast w praktyce pomiarowej wartość tego czasu najczęściej podaje zleceńodawca pomiarów w konsultacji z odpowiednimi pracownikami.

W przedstawionych wynikach pomiarów promieniowania nadfioletowego niepewność pomiaru U_{95} dla $k = 2$ przy poziomie ufności $\approx 95\%$ była zawarta w przedziale od ± 5 do ± 8 , co spełniało wymagania zawarte w normie [12]. Należy jednak pamiętać, że oceniane narażenia pracowników na źródło promieniowania UV przedstawione w niniejszym artykule to łuk spawalniczy, który jest bardzo niestabilnym źródłem promieniowania, co ma znaczący wpływ na budżet niepewności.

Podsumowanie

Promieniowanie nadfioletowe jest zarówno czynnikiem towarzyszącym, jak i wykorzystywanym do celów technologicznych na wielu stanowiskach pracy. W związku z tym może na nich występować potencjalne zagrożenie pracowników skutkami nadmiernej ekspozycji na to promieniowanie. Zgodnie z aktualnymi przepisami, na takich stanowiskach należy wykonywać pomiary kontrolne w tym zakresie, a w przypadku występowania ryzyka zawodowego dużego oraz średniego podjąć działania profilaktyczne, mające na celu ograniczenie ryzyka zawodowego do małego. W tabeli 7 pokazano wpływ wartości czasu całkowitej ekspozycji na wyniki skutecznego

napromienienia promieniowaniem nadfioletowym na przykładzie stanowiska spawacza elektrycznego. Odległość oczu oraz twarzy od wykonywanego spawu była taka sama we wszystkich przypadkach i wynosiła około 0,5 m, a rąk - 0,08 m. Materiał spawany - profil ze stali St3. Dla przyjętego czasu całkowitej ekspozycji 3 godzin występuje ryzyko duże tylko dla skóry rąk. Dla czasu 5 godzin - ryzyko duże obejmuje również skórę twarzy, czoła i szyi, a przy czasie 6 godzin również występuje ryzyko duże ze względu na zagrożenie oczu.

Na podstawie wyników pomiarów nasuwa się wniosek o konieczności stosowania ubrania roboczego z długim rękawem, a w przypadku korzystania z tarczy spawalniczej ochrony szyi przed promieniowaniem UV oraz stosowania czapeczki na głowie.

Tabela 7. Wyniki skutecznego napromienienia promieniowaniem nadfioletowym dla przyjętych trzech czasów całkowitej ekspozycji

Narażona część ciała	Czas całkowitej ekspozycji [s]	Średni poziom promieniowania [W/m^2]	Poziom ekspozycji [J/m^2]	MDE [J/m^2]
Oczy	10 800 (3 godz.)	0,00139	15,0	30
Twarz/czoło/szyja		0,00219	23,65	
Ręce		0,0033	35,64	
Oczy	18 000 (5 godz.)	0,00139	25,02	
Twarz/czoło/szyja		0,00219	39,42	
Ręce		0,0033	59,4	
Oczy	21 600 (6 godz.)	0,00139	30,02	
Twarz/czoło/szyja		0,00219	47,3	
Ręce		0,0033	71,28	

Pierwszą zasadą ograniczenia ryzyka zawodowego pracowników na promieniowanie UV jest unikanie ekspozycji. Jeśli nie jest to jednak możliwe, wówczas poziom bezpieczeństwa można uzyskać poprzez ograniczenie czasu ekspozycji, zastosowanie rotacji pracowników, zwiększenie odległości pracownika od źródła promieniowania czy stosowanie zbiorowych środków ochrony w postaci obudów/ekranów ochronnych.

Jeżeli niemożliwe jest wykorzystanie zbiorowych środków ochrony, wówczas należy stosować środki ochrony indywidualnej. W przypadku stwierdzenia narażenia skóry dłoni/rąk konieczne jest stosowanie rękawic ochronnych oraz ubrania z długimi rękawami, ewentualnie kremów ochronnych. Oczy należy chronić poprzez zastosowanie okularów lub gogli ochronnych. Środki te muszą być dobrane w zależności od wyznaczonych przekroczeń wartości MDE oraz rodzaju wykonywanych prac. Na stanowiskach, na których stwierdzono ekspozycję oczu i skóry twarzy na promieniowanie UV, np. na stanowiskach spawalniczych, należy stosować tarcze lub przyłbice spawalnicze.

Szczególną uwagę należy zwrócić pracownikom na stanowiskach spawania elektrycznego na zakaz rozpoczynania spawania (tzw. punktowanie) bez osłoniętych oczu, ponieważ na tych stanowiskach, nawet podczas kilkusekundowego spawania występuje już przekroczenie wartości MDE.

Najbardziej niebezpieczne dla zdrowia człowieka są odległe skutki ekspozycji na promieniowanie UV, przede wszystkim związane ze zwiększonym ryzykiem nowotworów złośliwych skóry. Istotną, w przypadku narażenia na promieniowanie nadfioletowe, jest profilaktyka pierwotna. Wskazane jest, aby pracodawca i pracownik służby bhp zostali poinformowani przez lekarza sprawującego opiekę profilaktyczną o zasadach prewencji tych chorób u pracowników narażonych na promieniowanie UV.

Publikacja opracowana na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2020-2022 w zakresie zadań służb państwowych ze środków ministra właściwego ds. pracy (zadanie nr 2.SP.07. pt. Opracowanie mobilnego systemu pomiarowego do oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem UV na stanowiskach pracy). Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Autor: mgr inż. Andrzej Pawlak, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, E-mail: anpaw@ciop.pl

LITERATURA

- [1] Łastowiecka-Moras, E., Bugajska, J. Promieniowanie nadfioletowe – zasady zapobiegania negatywnym skutkom zdrowotnym [Ultraviolet radiation – the principles of the prevention of negative health effects]. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka* 2008,446,11:21-23.
- [2] Ebisz, M., Brokowska, M. Szkodliwe oddziaływanie promieniowania ultrafioletowego na skórę człowieka. *Hygeia Public Health* 2015, vol. 50(3): 467-473.
- [3] Agar NS, Halliday GM, Barnetson RS, et al. The basal layer in human squamous tumors harbors more UVA than UVB fingerprint mutations: a role for UVA in human skin carcinogenesis. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2004, 101: 4954-4959.
- [4] Herzog C, Bondy M, Bleyer A, et al. Malignant melanoma: cancer epidemiology in older adolescents and young adults. *Natl Cancer Institute SEER AYA Monogr* 2007: 53-63.
- [5] Gallagher RP, Spinelli JJ, Lee TK. Tanning beds, sunlamps, and risk of cutaneous malignant melanoma. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005, 14: 562-566.
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne, tekst jednolity Dz. U. z 2013 r. poz. 1619.
- [7] Dyrektywa 2006/25/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 kwietnia 2006 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym) (dziewiętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16.1 dyrektywy 89/391/EWG).
- [8] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU z 2018 poz. 1286).
- [9] PN-T-06589: 2002 Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy.
- [10] Wolska A., Pawlak A.: Promieniowanie optyczne. W: Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny. Pod red. W.M. Zawieski. CIOP-PIB, Warszawa 2007.
- [11] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych w środowisku pracy (Dz. U. poz. 166).
- [12] PN-EN 14255-1: 2010 Pomiar i ocena ekspozycji osób na niespójne promieniowanie optyczne -- Część 1: Promieniowanie nadfioletowe emitowane przez źródła sztuczne na stanowisku pracy.