

Ocena zagrożenia pracowników promieniowaniem nadfioletowym na wybranych stanowiskach pracy



Fot. bigstock

W artykule dokonano analizy potencjalnych zagrożeń wynikających z emisji promieniowania nadfioletowego oraz przedstawiono kryteria oceny zagrożenia tym promieniowaniem. Scharakteryzowano źródła promieniowania – elektryczne promienniki oraz technologiczne źródła promieniowania UV. Następnie przedstawiono wyniki oceny ryzyka zawodowego dla przykładowych stanowisk pracy, na których występuje ekspozycja pracowników na promieniowanie UV.

Słowa kluczowe: ekspozycja, promieniowanie UV, stanowiska pracy, ryzyko zawodowe

Risk evaluation for employees' exposure to UV radiation on the selected work stations

In this article an analysis of the potential hazards, coming from the emission of the UV radiation, was performed and the criteria for the evaluation of the threat of said radiation were presented. Sources of the UV radiation were described – electric radiators as well as technological sources of the UV radiation. Following that the Author presents the results of the evaluation of occupational risk on selected work stations where the exposition of employees to the UV radiation is present.

Keywords: exposure, UV radiation, work stations, occupational risk

nionych w warunkach zagrożenia poszczególnym rodzajem promieniowania optycznego. Według danych GUS w 2019 r. w warunkach zagrożenia całym promieniowaniem pracowało 8218 osób, a najwięcej – w warunkach zagrożenia na promieniowanie optyczne w przemyśle (6597) oraz w opiece zdrowotnej (1010).

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na problem szkodliwego oddziaływania promieniowania nadfioletowego na człowieka. Prezentacja wyników pomiarów oraz ocena ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją pracowników na UV na kilkunastu stanowiskach pracy powinna pomóc w oszacowaniu potencjalnego zagrożenia na tego typu stanowiskach w różnych firmach.

Potencjalne zagrożenia wynikające z ekspozycji na promieniowanie UV

Promieniowanie nadfioletowe stanowi fragment promieniowania optycznego, którego długość fal zawarta jest w przedziale od 100 nm do 1 mm. Obszar promieniowania nadfioletowego dzieli się na pasma: A (bliskie), B (średnie) i C (dalekie). Zgodnie z normą [1] w przypadku nadfioletu pasma te obejmują następujące długości fal:

- UV-A: 315 ÷ 400 nm
- UV-B: 280 ÷ 315 nm
- UV-C: 100 ÷ 280 nm.

Działanie promieniowania UV ma charakter fotochemiczny, a jego skutek biologiczny zależy od ilości pochłoniętego promieniowania, długości fali i rodzaju ekspozowanej tkanki. Ilość pochłoniętego przez tkankę promieniowania jest zależna od jej napromienienia oraz współczynników odbicia i przepuszczania napromieniowywanej tkanki. Promieniowanie nadfioletowe może spowodować zarówno korzystne, jak i szkodliwe skutki dla organizmu człowieka.

Korzystny wpływ nadfioletu polega m.in. na działaniu przeciwkrzywiczym i powstawaniu witaminy D3 zwanej przeciwkrzywiczną, gdyż reguluje gospodarkę wapniowo-fosforową i proces odkładania się wapnia w kościach. Nafiolet przyczynia się też do wzrostu odporności organizmu, obniżenia poziomu cholesterolu LDL, szybszego gojenia się ran, ustępowania infekcji i niektórych chorób skóry (np. łuszczycy), [2].

Z kolei nadmierna ekspozycja na promieniowanie nadfioletowe może prowadzić do wielu skutków niekorzystnych dla zdrowia człowieka. Rozróżniamy dwa podstawowe rodzaje szkodliwego oddziaływania nadfioletu na organizm człowieka: na oczy oraz na skórę.

Wstęp

Nadmierna ekspozycja na promieniowanie nadfioletowe (UV) może być przyczyną zmian chorobowych oczu i skóry. Skutek biologiczny tego promieniowania zależy od jego poziomu, rozkładu widmowego, czasu i częstotliwości ekspozycji oraz rodzaju ekspozowanej tkanki. Najczęściej spotykanym objawem są rumienie oraz oparzenia, aczkolwiek wielokrotna ekspozycja skóry na UV o dużym natężeniu może także być przyczyną fotostarzenia skóry oraz powstawania zmian przednowotworowych i nowotworowych, w tym czerniaka skóry. Natomiast w przypadku narażenia oka, promieniowanie nadfioletowe może powodować stany zapalne spojówki i rogówki oraz być przyczyną zaćmy

(zmętnienia soczewki), a także takich chorób, jak skrzydlik i nowotwory oka.

W roku 2007 GUS po raz ostatni przedstawił w swoich corocznych danych o warunkach pracy informacje o liczbie zatrudnionych w warunkach zagrożenia (tzn. stwierdzone zostały przekroczenia wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji) oddzielnie w odniesieniu do sztucznego promieniowania podczerwonego (IR) i nadfioletowego. Od 2009 roku podawane są tylko dane zbiorcze narażenia na promieniowanie, które obejmują łączną liczbę pracowników zagrożonych napromienowaniem jonizującym, laserowym, nadfioletowym, widzialnym i podczerwonym. W związku z tym obecnie nie ma możliwości określenia liczby zatrud-

Szkodliwe oddziaływanie promieniowania nadfioletowego na oczy

Ekspozycja oka na promieniowanie nadfioletowe związana jest z uszkodzeniem powiek, rogówki, spojówki, soczewki, a także siatkówki. W odróżnieniu od skóry, powierzchnia oka jest w naturalny sposób chroniona przed ekspozycją na naturalne promieniowanie nadfioletowe, ponieważ jest głęboko osadzona w oczodole oraz w znacznej części zakryta powieką. W związku z tym oko ludzkie może być ekspozycją w głównej mierze na promieniowanie padające na nie bezpośrednio z kierunku pokrywającego się z jego osią optyczną. Promieniowanie nadfioletowe może być przez gałkę oczną częściowo transmitowane, a także załamywane (refrakcja). Zjawisko refrakcji powoduje, że wchodzące do gałki ocznej promieniowanie skupiane jest w pewnym miejscu wewnątrz niej, co wiąże się ze wzrostem natężenia napromienienia w tym miejscu. Promieniowanie nadfioletowe, które wniknęło do gałki ocznej penetruje ją do głębokości ściśle uzależnionej od długości fali. Promieniowanie o fali mniejszej niż 280 nm jest prawie całkowicie absorbowane w rogówce oka, natomiast promieniowanie z zakresu 300–370 nm jest prawie całkowicie pochłaniane dopiero w soczewce. Część promieniowania UV-A z zakresu 380–400 nm, które pokrywa się z początkiem zakresu promieniowania widzialnego dochodzi do siatkówki oka. W przypadku, gdy soczewka naturalna została chirurgicznie zastąpiona implantem, który przepuszcza promieniowanie nadfioletowe o fali większej niż 290 nm, do siatkówki oka dociera wówczas znaczna ilość promieniowania z zakresu fal od 290 do 400 nm [3].

Najczęściej spotykanym, ostrym objawem narażenia oka na nadfiolet jest stan zapalny rogówki i spojówki wywołany przez pochłanianie przez nie promieniowania o długości fali mniejszej niż 290 nm. Skutki tej absorpcji to światłowstręt, wzmożone łzawienie, uczucie obcego ciała („piasku”) w oku, spazm powiek, niekiedy upośledzenie widzenia. Objawy zapalenia pojawiają się po okresie utajenia zależnego od widma promieniowania i wielkości pochłoniętej dawki nadfioletu. Działanie promieni należących do pasma UV-C charakteryzuje krótki okres utajenia - nawet poniżej 30 minut - w przypadku dużych dawek promieniowania, a objawy zapalenia ustępują po około 14 godzinach od ekspozycji. W przypadku pasma UV-B okres utajenia jest dłuższy i wynosi od 6 do 24 godzin, a objawy zapalenia ustępują po około 24 ÷ 48 godzinach od ekspozycji. Z badań wpływu UV na rogówkę oka ludzkiego wynika, że maksymalną skuteczność wywoływania zapalenia rogówki mają fale o długości 270 nm, a wartość progowa napromienienia powstania tego objawu wynosi 40 J/m² [4].

Zapalenie spojówek wywołane nadfioletem powstaje po okresie utajenia około 5 ÷ 10 godzin i objawia się ich zaczerwienieniem, swędzeniem, pieczeniem, łzawieniem, czasami występuje światłowstręt, a w przypadku większej dawki dochodzi

do bólu i zakłócenia prawidłowego widzenia. Objawy ustępują od 10 godzin do kilku dni, zależnie od wielkości ekspozycji i intensywności powstałych zmian. Maksymalną skutecznością wywoływania zapalenia spojówek charakteryzują się fale o długości 260 nm, a wartość progowa napromienienia tego objawu wynosi 50 J/m² [4].

Promieniowanie nadfioletowe większe niż 290 nm jest przepuszczane przez rogówkę i ciecz wodnistą i dociera do soczewki oka. W soczewce jest silnie pochłaniane, co może doprowadzić do powstawania zjawiska fluorescencji przeszkadzającego w procesie widzenia. Natomiast długotrwała ekspozycja soczewki na intensywne promieniowanie UV prowadzi do powstania zaćmy (fotochemicznej) czyli trwałego zmętnienia soczewki. Rozwój zaćmy jest powolny i trwa wiele lat. Najprawdopodobniej największą skuteczność wywoływania zaćmy posiadają fale o długości 300 ÷ 320 nm. Promieniowanie UV powyżej 300 nm docierające do siatkówki oka może być przyczyną powstawania schorzeń lub uszkodzeń siatkówki o charakterze fotochemicznym. Oprócz wymienionych schorzeń, promieniowanie nadfioletowe jest przyczyną powstawania również takich chorób oczu, jak łączne zapalenie spojówki i rogówki, skrzydlak, a także rak oka. Efekty szkodliwe ze względu na czas ich wystąpienia po ekspozycji oczu dzieli się na ostre i przewlekłe. Ostre występują maksymalnie do 24 godzin po ekspozycji, natomiast przewlekłe występują znacznie później, a często na skutek wieloletniej ekspozycji na naturalne promieniowanie nadfioletowe [5].

Szkodliwe oddziaływanie promieniowania nadfioletowego na skórę

Skóra jest największym narządem ludzkiego organizmu. Ma około 1,5 ÷ 2 m² powierzchni, a jej grubość waha się w zależności od lokalizacji od 0,1 mm na powiekach do 6 ÷ 7 mm na podszewkach stóp [6]. Skóra pełni głównie funkcję ochronną oraz wydzielniczą. Jednym z zagrożeń wpływających na strukturę skóry jest promieniowanie nadfioletowe przenikające przez poszczególne jej warstwy i powodujące nieodwracalne uszkodzenia [7,8].

Skutki biologiczne działania promieniowania nadfioletowego na skórę mogą być obserwowane bezpośrednio, w krótkim czasie po ekspozycji, ale mogą również ujawnić się po wielu latach [9]. W dużej mierze efekt biologiczny zależy od sumarycznej, kumulującej się dawki promieniowania oraz od jego widma.

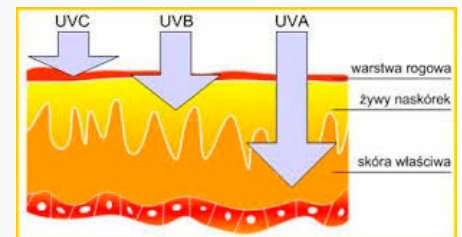
Odpowiedzią skóry na nadmierną ekspozycję na promieniowanie nadfioletowe są: rumień, opalenizna oraz pogrubienie naskórka [10]. Odległe, niekorzystne zjawiska skumulowanego działania promieniowania nadfioletowego to przede wszystkim przyspieszenie procesu starzenia się skóry (tzw. fotostarzenie, ang. *photoaging*) oraz stymulacja rozwoju nowotworów [11]. Odrębną grupę następstw stanowią fotodermatozy i fotoalergie [12,13].

Najbardziej widocznym, najczęściej spotykanym i badanym objawem ekspozycji skóry na promieniowanie UV jest jej rumień czyli erytema. Rumień wywołany promieniowaniem UV-C, które ma najmniejszą długość fali (do 280 nm) oznacza, że cechuje je najwyższa energia kwantu; ustępuje po ok. 2-3 dniach [10].

Promieniowanie UV-B ma bardzo silne właściwości rumieniotwórcze, może wywołać oparzenia, bolesne obrzęki i pęcherze, stymuluje syntezę barwnika skóry i jej zbrązowienie [10]. W skrajnym przypadku mogą powstać różnego rodzaju nowotwory skóry, w tym czerniak. Promieniowanie UV-B przez wiele lat uważane było za główną przyczynę uszkodzeń skóry po nadmiernej ekspozycji [14]. Wyłącznie temu zakresowi widma przypisywano działanie rumieniotwórcze, a także obarczano odpowiedzialnością za przyspieszone starzenie skóry i stymulację rozwoju jej nowotworów złośliwych [15]. Wiele obserwacji z ostatnich kilkunastu lat wykazało jednak, że także promieniowanie UV-A powoduje niekorzystne zjawiska na skórze człowieka [16].

Promieniowanie UV-A jest mniej rumieniotwórcze od promieniowania UV-B [17]. Wysokie dawki promieniowania UV-A mogą jednak wywoływać zmiany rumieniowe i zwiększać niekorzystne efekty biologiczne promieniowania UV-B (10). Są one odpowiedzialne za większość odczynów fotoalergiczyńskich i fototoksycznych obserwowanych na skórze [11]. Ostatnio podkreśla się jednak, że promieniowanie UV-A ma znaczne działanie cancerogenne. Proces cancerogenezy jest wieloetapowy i dopiero przejście wszystkich jego etapów prowadzi do rozwoju nowotworu złośliwego [18].

Na rys. pokazano głębokość wnikania w poszczególne warstwy skóry poszczególnych zakresów promieniowania UV.



Rys. Głębokość wnikania w poszczególne warstwy skóry poszczególnych zakresów promieniowania UV¹

Fig. The depth of the infiltration of the skin layers by the individual ranges of the UV¹ radiation

Kryteria oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym

Jako kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym przyjęto [19- 23] niedopuszczenie do powstania rumienia skóry, zapalenia rogówki i spojówki oka, rozwoju zmian nowotworowych skóry i zaćmy soczewki.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 9 stycznia 2020 r., w odniesieniu do promieniowania nadfioletowego obowiązują następujące wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE), [24]:

¹ <https://centrum-kore.pl>

• najwyższe dopuszczalne napromieniowanie nie skuteczne N_s promieniowaniem nadfioletowym oka i skóry w ciągu zmiany roboczej wynosi 30 J/m^2 , wyznaczone według krzywej skuteczności $S(\lambda)$ w zakresie $180 \div 400 \text{ nm}$

$$E_s = \sum_{180}^{400} E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$N_s = E_s \cdot t$$

gdzie:

E_λ – natężenia napromienienia dla długości fali λ
 E_s – skuteczne natężenie napromienienia
 t – czas całkowitej ekspozycji na promieniowanie w ciągu zmiany roboczej
 N_s – skuteczne napromienienie

• 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_{UV-A} oczu promieniowaniem pasma $315 \div 400 \text{ nm}$ do wartości $10\,000 \text{ J/m}^2$ w ciągu zmiany roboczej:

$$E_{UV-A} = \sum_{315}^{400} E_\lambda \cdot \Delta\lambda$$

$$N_{UV-A} = E_{UV-A} \cdot t$$

gdzie:

E_λ – natężenie napromienienia dla długości fali λ ,
 E_{UV-A} – całkowite natężenie napromienienia nieselektywnego pasmem $315 \div 400 \text{ nm}$,
 t – czas całkowitej ekspozycji na promieniowanie w ciągu zmiany roboczej,
 N_{UV-A} – całkowite napromienienie pasmem $315 \div 400 \text{ nm}$.

W obwieszczeniu MPiPS z dnia 26 lipca 2013 r. (Dz.U. z 2013 poz. 1619), [25] oraz w PN-T-06589:2002 [26] określono rozkład widmowy względnej skuteczności biologicznej promieniowania nadfioletowego $S(\lambda)$, powodującego powstanie rumienia skóry oraz stanów zapalnych rogówki i spojówki oka.

Charakterystyka źródeł promieniowania UV

Źródła promieniowania nadfioletowego dzieli się na naturalne (np. Słońce czy gwiazdy) i sztuczne:

- elektryczne (promienniki UV, świetlówki, lampy rtęciowe, żarówki halogenowe, lampy wodorowe, ksenonowe, lampy Wooda)
- procesy (źródła) technologiczne (spawanie łukowe i gazowe, cięcie łukiem plazmowym, cięcie tlenowe).

Natężenie promieniowania UV emitowanego przez Słońce zależy w dużym stopniu od szerokości geograficznej, pory roku, pory dnia, stanu pogody. Najczęściej spotykanymi sztucznymi źródłami nielaserowego promieniowania nadfioletowego są natomiast promienniki elektryczne oraz procesy technologiczne.

Elektryczne promienniki UV

Powszechnie stosowane elektryczne promienniki UV, oprócz znikomego promieniowania widzialnego emitują w różnym stopniu promieniowanie nadfioletowe. Większość elektrycznych źródeł światła, stosowanych do ogólnych celów oświetleniowych, nie stanowią zagrożenia dla zdrowia człowieka. Jedynie w przypadku specjalistycznych źródeł światła, takich jak:

- świetlówki aktywnicne i superaktywnicne
- świetlówki bakterioobójcze
- lampy Wooda (promienniki z bańką pokrytą czarnym luminoforem)
- lampy rtęciowe UV średnioprężne i wysokoprężne
- metalohalogenkowe promienniki UV lampy deuterowe
- lampy ksenonowe,

przeznaczonych do stosowania w różnych procesach technologicznych lub urządzeniach, emitowane przez nie promieniowanie nadfioletowe może stanowić zagrożenie dla zdrowia.

Elektryczne źródła promieniowania nadfioletowego znalazły zastosowanie w wielu procesach fizycznych, chemicznych i biologicznych. Przykładowe zastosowania elektrycznych źródeł promieniowania UV to:

- poligrafia – polimeryzacja tuszu, drukowanie, grawerunek
- powielanie dokumentów – naświetlanie
- malarstwo – polimeryzacja farb
- przemysł półprzewodnikowy, obwody drukowane – naświetlanie
- medycyna – fototerapia – choroby skóry, łuszczyca, bielactwo
- defektoskopy – kontrola elementów
- dezynfekcja – wody (np. baseny, oczyszczalnie ścieków), powierzchni (np. narzędzia medyczne), powietrza (np. szpitale)
- pułapki na owady – higiena żywności
- kosmetyka (solaria) – opalanie.

Technologiczne źródła promieniowania UV

Źródłami technologicznymi promieniowania 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, MIG, MAG, TIG².

² MMA (Manual Metal Arc Welding) – spawanie elektrodami topliwymi otulonymi.

Metoda oceny ryzyka zawodowego

Ocena ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją pracowników na promieniowanie UV opierała się na wynikach pomiarów tego promieniowania, wykonanych na rzeczywistych stanowiskach pracy z wykorzystaniem radiometru 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_{UV-A} .

Konstrukcja oraz parametry techniczne tych sond umożliwiają kompleksową ocenę zagrożenia pracowników promieniowaniem nadfioletowym, zgodną z rozporządzeniem Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 9 stycznia 2020 r. (Dz.U. z 2018 poz. 1286), [24].

Pomiary zostały wykonane zgodnie z opracowaną i wdrożoną do Systemu Zarządzania Jakością CIOP-PIB procedurą badawczą. Zgodnie z wymogiem Polskiego Centrum Akredytacji, zarówno miernik, jak i sondy pomiarowe podlegają nadzorowi metrologicznemu CIOP-PIB i posiadały ważne świadectwo wzorcowania.

Pomiary parametrów promieniowania nadfioletowego wykonano w rzeczywistych warunkach pracy, w czasie cyklu pracy, podczas którego występuje emisja tego promieniowania, w miejscu przebywania pracownika. Odpowiednie sondy pomiarowe umieszczano na wysokości wszystkich eksponowanych na to promieniowanie części ciała pracownika, szczególnie: oczu, twarzy, dłoni. We wszystkich przypadkach pomiar wykonano kierując sondę pomiarową w stronę maksymalnej intensywności emitowanego promieniowania, dokonując co najmniej 10 odczytów ze wskazań miernika dla każdej narażonej części ciała pracownika. Podczas występującego narażenia na zmieniające się w czasie promieniowanie wyznaczono jego wartości maksymalne w danym cyklu.

Do oceny ryzyka zawodowego przyjęto kryterium polegające na porównaniu wyznaczonego pomiaru poziomu ekspozycji (PE) z odpowiednią dla danego rodzaju zagrożenia zdrowia wartością MDE, zgodnie z zależnościami [27]:

- duże, jeśli: $PE > MDE$
- średnie, jeśli: $0,7 MDE < PE \leq MDE$
- małe, jeśli: $PE \leq 0,7 MDE$.

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.

Wyniki oceny ryzyka zawodowego przeprowadzanej na przykładowych stanowiskach pracy

Przedstawiono przykładowe stanowiska pracy, na których występuje emisja promieniowania nadfioletowego, wraz z oceną ryzyka zawodowego dotyczącą zastanych warunków na danym stanowisku.

We wszystkich przypadkach całkowity czas pracy na stanowiskach przyjęto na podstawie informacji uzyskanej od zleceniodawcy. W sytuacjach, kiedy w typowym kierunku obserwacji pracownika nie występowało źródło promieniowania nadfioletowego, promieniowanie to mierzono jako odbicie od materiału obserwowanego.

Stanowisko kontroli badań nieniszczących metodą fluorescencyjną z rtęciową oprawą ręczną

Źródło promieniowania UV – ręczny defektoskop z promiennikiem rtęciowym o mocy 100 W zawieszony w odległości około 0,4 m nad stanowiskiem (fot. 1.).
Czynność – kontrola wzrokowa obrabianych metalowych elementów w promieniowaniu nadfioletowym.

Ochrony osobiste – rękawice i okulary chroniące przed promieniowaniem nadfioletowym.

Ocena ryzyka zawodowego – duże – ze względu na zagrożenie skóry lewej dłoni skutecznym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym (tab. 1.).

Stanowisko pracy operatora wielokolorowej maszyny poligraficznej do sitodruku

Źródło promieniowania – promiennik UV o mocy 3 kW wykorzystywany do suszenia nadruków (fot. 2.). Promieniowanie nadfioletowe wydostaje się na zewnątrz maszyny przez znacznej wielkości otwór po stronie załadunku i podawania elementów przeznaczonych do suszenia.

Czynność – ręczny załadunek elementów do nadruku i suszenia.

Ochrony osobiste – brak.

Ocena ryzyka zawodowego – przed modernizacją maszyny, przy dużym otworze – duże ze względu na zagrożenie skóry lewej dłoni oraz średnie ze względu na zagrożenie oczu skutecznym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym (tab. 2.). Po modernizacji maszyny polegającej na maksymalnym przesłonięciu otworu po stronie załadunku i podawania elementów ryzyko zredukowano do małego.

Stanowiska kontroli wzrokowej płytek PCB³ – przemysł elektroniczny

Źródło promieniowania: dwa promienniki świetłówkowe UV-A o mocy 18 W typu blacklight zamontowane w oprawie z kloszem (fot. 3.).

Czynność – kontrola wzrokowa powłoki zabezpieczającej płytki PCB w promieniowaniu nadfioletowym.

Ochrony osobiste – rękawice i okulary chroniące przed promieniowaniem nadfioletowym.

Ocena ryzyka zawodowego – małe (tab. 3.).

Stanowisko ręcznego spawania elektrycznego (MMA)

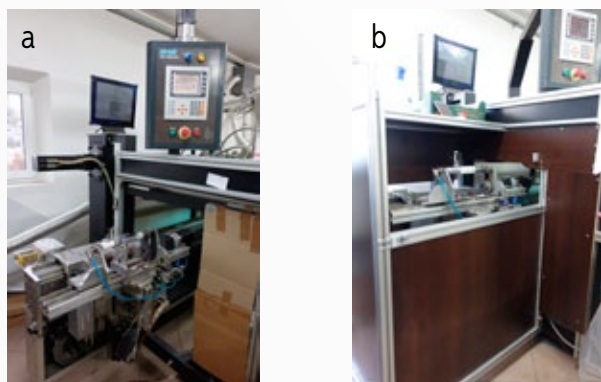
Źródło promieniowania – łuk spawalniczy podczas spawania z wykorzystaniem spawarki elektrycznej, prąd spawania 80 A, elektroda rutyłowa ER o średnicy 2,25 mm. Spawanie elektryczne stali St 3 (fot. 4.).

Ochrony osobiste: automatyczna przyłbica spawalnicza, rękawice spawalnicze.

Ocena ryzyka zawodowego – duże – ze względu na zagrożenie oczu oraz skóry twarzy i rąk skutecznym natężeniem napromienienia promieniowaniem nadfioletowym oraz oczu natężeniem napromienienia nieselektywnym pasmem 315 ÷ 400 nm (tab. 4.).



Fot. 1. Stanowisko defektoskopu z rtęciową oprawą ręczną
Photo 1. The stand of the flaw detector with mercury manual binding



Fot. 2. Stanowisko pracy operatora wielokolorowej maszyny poligraficznej do sitodruku: a – przed modernizacją; b – po modernizacji
Photo 2. Work station of the operator of a multicolor screen printing machine: a – before modernization; b – after modernisation



Fot. 3. Widok stanowisk kontroli wzrokowej płytek PCB
Photo 3. A view of the sight control stations of PCB boards



Fot. 4. Przykładowe stanowisko spawania elektrycznego (MMA)
Photo 4. An example of the station for MMA welding

³ PCB – Printed Circuit Board – płytka z materiału izolacyjnego z naniesionymi obwodami drukowanymi i punktami lutowniczymi przeznaczona do montażu podzespołów elektronicznych.

Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie UV na stanowisku defektoskopu z ręciową oprawą ręczną
 Table 1. The results of the measurements of the exposure levels to the UV radiation at the station of the flaw detector with mercury manual binding

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Ekspozowana część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji [s]	Średni poziom promieniowania [W/m ²]	Średni poziom ekspozycji [J/m ²]	MDE [J/m ²]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	oczy ^{a)}	0,65 ^{a)}	21 600	$E_s = 0,0001$	$H_s = 2,16$	30	0,07
Soczewki				$E_{UVA} = 0,00085$	$H_{UVA} = 18,36$	1000	0,02
Skóry	twarz ^{b)}	0,34 ^{b)}		$E_s = 0,0001$	$H_s = 2,16$	30	0,07
	dłoń lewa ^{b)}			$E_s = 0,002$	$H_s = 43,2$		1,44

a) promieniowanie odbite od elementu obserwowanego

b) promieniowanie bezpośrednie z oprawy UV

Tabela 2. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie UV na stanowisku operatora maszyny poligraficznej do sitodruku – sześciokolorowej
 Table 2. Measurement results of the exposure levels to the UV radiation at the work station of the operator of the six-color screen printing machine

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Ekspozowana część ciała	Odległość od obudowy promiennika [m]	Czas całkowitej ekspozycji [s]	Wykonanie pomiarów	Średni poziom promieniowania [W/m ²]	Poziom ekspozycji [J/m ²]	MDE [J/m ²]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	oczy ^{a)}	1,65	3 000	1	$E_s = 0,008$	$H_s = 24$	30	0,8
				2	$E_s = 0,0015$	$H_s = 5,4$		0,18
Soczewki	oczy ^{a)}	1,65		1	$E_{UVA} = 0,023$	$H_{UVA} = 69$	10 000	0,0069
				2	$E_{UVA} = 0,025$	$H_{UVA} = 90$		0,009
Skóry	twarz ^{a)}	1,40	1	$E_s = 0,008$	$H_s = 24$	30	0,8	
			2	$E_s = 0,0015$	$H_s = 5,4$		0,18	
	ręka prawa ^{b)}	1,40	1	$E_s = 0,012$	$H_s = 36$	30	1,2	
			2	$E_s = 0,0026$	$H_s = 9,36$		0,3	

a) promieniowanie odbite od elementu obserwowanego

b) promieniowanie bezpośrednie z oprawy UV

1 - pomiary wykonane przed modernizacją maszyny

2 - pomiary wykonane po modernizacji maszyny

Tabela 3. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie UV na przykładowym stanowisku kontroli wzrokowej płytek PCB
 Table 3. Measurement results of the exposure levels to the UV radiation at the example sight control station of PCB boards

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Ekspozowana część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji [s]	Średni poziom promieniowania [W/m ²]	Poziom ekspozycji [J/m ²]	MDE [J/m ²]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	oczy ^{a)}	0,46	12 600	$E_s = 0,0004$	$H_s = 5,04$	30	0,17
Soczewki				$E_{UVA} = 0,038$	$H_{UVA} = 479$	10 000	0,05
Skóry	twarz ^{a)}	0,46		$E_s = 0,0004$	$H_s = 5,04$	30	0,17
	ręka lewa ^{b)}	0,34		$E_s = 0,0006$	$H_s = 7,56$		0,25

a) promieniowanie odbite od elementu obserwowanego

b) promieniowanie bezpośrednie z oprawy UV

Tabela 4. Wyniki pomiarów poziomu ekspozycji na promieniowanie nadfioletowe podczas spawania elektrycznego (MMA)
 Table 4. Measurements results of the exposure to the UV radiation during the MMA welding

Ocena zagrożenia fotochemicznego	Ekspozowana część ciała	Odległość od źródła promieniowania [m]	Czas całkowitej ekspozycji [s]	Średni poziom promieniowania [W/m ²]	Poziom ekspozycji [J/m ²]	MDE [J/m ²]	Krotność MDE
Rogówki i spojówki	oczy	0,49	1 800	$E_s = 1,27$	$H_s = 2 286$	30	76
Soczewki				$E_{UVA} = 8,06$	$H_{UVA} = 14 508$	10 000	1,45
Skóry	twarz	0,10 ÷ 0,24		$E_s = 1,27$	$H_s = 2 286$	30	76
	ręka			$E_s = 4,65$	$H_s = 8 370$		279

Podsumowanie

Promieniowanie nadfioletowe jest zarówno czynnikiem towarzyszącym, jak i wykorzystywane jest 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.

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.

Szczególą 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. Istotna, 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.

BIBLIOGRAFIA

[1] PN-90/E-01005 Technika świetlna. Terminologia
[2] POŚCIK, A. Ocena narażenia na promieniowanie nadfioletowe z zastosowaniem indywidualnych fotochromowych dozymetrów. Praca

naukowo-badawcza z zakresu prewencji wypadkowej. CIOP-PIB, Warszawa, grudzień 2009.

[3] 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.

[4] LUŻYŃSKA, M. Ochrona narządu wzroku przed szkodliwym działaniem promieniowania UV [Sight protection against harmful UV radiation]. *Optyka*. 2017,4: 58-62.

[5] SŁOMA-KUCZYŃSKA, J., BILSKI, B. Profilaktyka pierwszorzędowa u pracowników narażonych na promieniowanie nadfioletowe pochodzenia słonecznego oraz ryzyko związane z tym czynnikiem [Primary prevention among employees exposed to the natural UV radiation and the risk related to that factor]. *Medycyna Pracy* 2004,55,3: 283-287.

[6] GRONO, M., MROZOWSKA, M., SALCZYŃSKA, A. Wstęp do kosmetyki. Nowa Era, Warszawa 2013.

[7] ATA, P., MAJEWSKI, S. Fotostarzenie skóry – Photoaging of human skin. *Przegląd Dermatologiczny* 2013,3: 178-183.

[8] GLIWA, E., GOŹDZIALSKA, A., JAŚKIEWICZ, J. Wpływ promieniowania UV na skórę. [w:] Goździalska A, Jaśkiewicz J (red.). *Współczesne kierunki w medycynie prewencyjnej*. Oficyna Wydawnicza AFM, Kraków 2013.

[9] GIES, H.P., ROY, C.R., TOOMEY, S., MCLENNAN, A. Protection against solar ultraviolet radiation. *Mutat. Res.* 1998, 422: 15-22.

[10] JASIEL-WALIKOWSKA, E., PLACEK, W. Bezpośrednie i odległe skutki biologiczne działania promieniowania słonecznego na zdrową skórę. [Direct and future biological outcomes of the natural UV radiation effects on healthy skin]. *Dermatol. Estet.* 1999,3: 120-128.

[11] BROWDER, J.F., BEERS, B. Photoaging. *Postgrad. Med.* 1993,8: 74-79.

[12] KIEĆ-SWIERCZYŃSKA, M., KRĘCISZ, B. Choroby skóry wywołane nadwrażliwością na światło [Skin diseases caused by hypersensitivity to light]. *Medycyna Pracy* 2001,62: 383-387.

[13] LEHMAN, P. Fotodermatozy [w:] Burgdorf, H. W., Plewig, G., Wolff, H., Landthaler, M., Braun-Falco, O. *Dermatologia*. Wydawnictwo Czelej, Lublin 2010.

[14] DEBUYS, H.V., LEVY, S.B., MURRAY, J.C., MADEY, D.L., PINNELL, S.R. Modern approaches to photoprotection. *Dermatol. Clin.* 2000,18: 577-590.

[15] SARNOFF, D.S. Goodbye, managed care, hello, skin care. *Arch. Dermatol.* 1999,135: 1308-1310.

[16] EBISZ, M., BROKOWSKA, M. Szkodliwe oddziaływanie promieniowania ultrafioletowego na skórę człowieka. [Harmful influence of the UV radiation on human skin] *Hygeia Public Health* 2015,50(3): 467-473.

[17] DIFFEY, B.L. What is light? *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.* 2002, 18: 68-74.

[18] ANANTHASWAMY, H.N., ULLRICH, S.E., KRIPKE, M.K. Inhibition of UV-induced p53 mutations and skin cancers by sunscreen: implication for skin cancer prevention. *Exper. Dermatol.* 2002,11: 40-43.

[19] 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 (sztuczny promieniowaniem optycznym) (dziewiętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16.1 dyrektywy 89/391/EWG).

[20] International Commission on Illumination (CIE) Standard Erythema Dose, a Review, Technical Report, 125-1997.

[21] International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association, Proposed change to the IRPA 1985 guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation. *Health Physics* 1989, 56: 971-972.

[22] VECCHIA, P., HIETANEN, M., STUCK, BE, van DEVENTER, E., NIU, S. Protecting workers from ultraviolet radiation, ICNIRP in collaboration with ILO, WHO, 14/2007.

[23] Working group report: Ultraviolet radiation & Health. Current knowledge of exposure and health risks. *Affsse, InVS, Afsapps*, May 2005.

[24] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 9 stycznia 2020 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2020, poz. 61).

[25] Obwieszczenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 26 lipca 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne (Dz.U. z 2013 poz. 1619).

[26] PN-T-06589: 2002 Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy.

[27] WOLSKA, A., PAWLAK, A. Promieniowanie optyczne [w:] *Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny*. Pod red. W.M. Zawieski. CIOP-PIB, Warszawa 2007.

Publikacja opracowana na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2021 - 2022 w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rozwoju, Pracy i Technologii.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy