

Andrzej PAWLAK

ZASADY WYKONYWANIA POMIARÓW PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO NA STANOWISKACH PRACY

STRESZCZENIE *W referacie tym, na podstawie zapisów zawartych w aktualnych normach z zakresu promieniowania optycznego, omówiono wymagania dotyczące metody i zakresu badania nielaserowego promieniowania optycznego na stanowiskach pracy oraz stosowanej aparatury pomiarowej. Zakres pomiarów ekspozycji przedstawiono w powiązaniu z aktualnymi wartościami MDE. Omówiono także sposób wyznaczania wymiaru kąтового źródła promieniowania α oraz metodę obliczania skutecznej luminancji energetycznej źródła na podstawie zmierzonego skutecznego natężenia napromienienia. Na zakończenie referatu przedstawiono wymagania dotyczące częstotliwości wykonywania badań oraz propozycje dotyczące zawartości raportu z badań.*

Słowa kluczowe: *promieniowanie optyczne: nadfioletowe, widzialne, podczerwone, natężenie napromienienia, luminancja energetyczna*

1. WSTĘP

Promieniowanie optyczne występuje jako naturalny składnik promieniowania słonecznego oraz wytwarzane jest w sposób sztuczny przez człowieka i wykorzystywane w różnych procesach technologicznych, medycynie, kosmetyce, czy pracach badawczych.

mgr inż. Andrzej PAWLAK
e-mail: anpaw@ciop.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy
Prochownia Promieniowania Optycznego

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 255, 2012

Promieniowanie to stanowi również produkt uboczny działalności zawodowej człowieka i występuje np. podczas spawania lub podczas gorących procesów technologicznych w hutnictwie. Może ono stanowić zagrożenie dla oczu i skóry pracowników, jeśli nadmierna ilość tego promieniowania pada na eksponowane tkanki pracownika. Ten fakt uwzględnia Dyrektywa 2006/25/WE [1] oraz rozporządzenia ją wdrażające [2, 3 i 4], z których wynika konieczność oceny narażenia pracowników na promieniowanie optyczne. Natomiast w celu określenia stopnia zagrożenia pracowników tym promieniowaniem niezbędne jest wykonanie odpowiednich pomiarów, których ogólne zasady przedstawione są odpowiednio w normach: PN-T-06589: 2002 [5] oraz PN-T-05687: 2002 [6]. Natomiast szczegółowe informacje odnośnie metod pomiaru i oceny ekspozycji pracowników na promieniowanie optyczne zamieszczono w normach PN EN 14255 - 1: 2010 [7] oraz PN-EN 14255 - 2: 2010 [8].

2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE POMIARÓW I OCENY EKSPOZYCJI OSÓB NA NIESPÓJNE PROMIENIOWANIE OPTYCZNE

W normach [7, 8] przedstawiono procedurę ogólną oceny ekspozycji na promieniowanie optyczne oraz metody wyznaczania poszczególnych parametrów promieniowania optycznego. W normach tych nie określono wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE) na promieniowanie UV oraz VIS i IR. Podano długości fal dla promieniowania nadfioletowego (180 ÷ 400 nm), promieniowania widzialnego i podczerwonego (380 ÷ 3 000 nm) oraz zagrożenia światłem niebieski (300 ÷ 700 nm).

2.1. Procedura ogólna [7, 8]

W celu wykonania pomiarów służących do oceny ekspozycji na promieniowanie optyczne na stanowisku pracy oraz porównania ich z maksymalnymi wartościami dopuszczalnych ekspozycji (MDE), które są zawarte w Rozporządzeniu [3], należy wykonać następujące czynności:

- przegląd wstępny, który ma na celu stwierdzenie czy jest, lub czy nie jest konieczne wykonanie pomiarów. Na podstawie dostępnej informacji dotyczącej źródła promieniowania i możliwej ekspozycji pracowników na promieniowanie optyczne należy zdecydować, czy pomiar ekspozycji jest niezbędny, lub czy można stwierdzić bez wykonywania pomiarów o wystąpieniu przekroczenia lub braku przekroczenia wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE). Przy podjęciu powyższej

decyzji mogą być przydatne informacje dotyczące klasyfikacji maszyn (kategoria emisji) określonej na podstawie norm [9 lub 10], czy grupa ryzyka dla lamp i systemów lampowych określona na podstawie normy [11].

- analizę zadania roboczego polegającą na określeniu:
 - liczby, rodzaju i umiejscowienia źródeł promieniowania,
 - możliwości występowania promieniowania odbitego lub rozproszonego na ścianach, materiałach, urządzeniach, itp.,
 - widma promieniowania - na podstawie danych producenta (należy pamiętać, że może ono być zmienione poprzez rozproszenie, odbicie lub pochłanianie),
 - odległości pracownik - źródło promieniowania,
 - czasów ekspozycji (jednorazowych i całkowitych),
 - potencjalnych skutków zdrowotnych,
 - wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE),
 - stosowania sprzętu ochrony indywidualnej/zbiorowej.

- pomiar ekspozycji – należy go wyznaczyć w odniesieniu do ustalonych wartości MDE.

2.2. Metoda pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy

Pomiarowi podlegają dwie wielkości: całkowite (nieselektywne) oraz skuteczne natężenie napromienienia. Wyznaczane są one w celu określenia:

- a) zagrożenia fotochemicznego oka (rogówka, spojówka, soczewka) i skóry nadfioletem z zakresu $180 \div 400$ nm. W tym celu wykonuje się:
 - pomiar skutecznego natężenia napromienienia E_s za pomocą radiometru szerokopasmowego o czułości widmowej detektora dopasowanej do krzywej skuteczności widmowej $S(\lambda)$ przedstawionej w tablicy 1 zamieszczonej w normie [5],
 - pomiar czasu jednorazowej ekspozycji,
 - wyznaczenie całkowitego czasu ekspozycji,
 - wyznaczenie skutecznego napromienienia H_s .

- b) zagrożenia fotochemicznego oka (soczewka) nadfioletem z zakresu UV-A ($315 \div 400$ nm). W tym celu wykonuje się:
 - pomiar natężenia napromienienia E_C za pomocą radiometru szerokopasmowego o stałej czułości widmowej detektora w zakresie $315 \div 400$ nm,
 - pomiar czasu jednorazowej ekspozycji,
 - wyznaczenie całkowitego czasu ekspozycji,
 - wyznaczenie napromienienia H_{UVA} .

Następnie dla obu przypadków należy wyznaczyć stopień zagrożenia oraz dozwolony czas napromienienia. Stopień zagrożenia jest sumą wszystkich wartości napromienienia skóry i oczu w ciągu całej zmiany roboczej oraz sumą napromienienia nieselektywnego oczu. Dozwolony czas napromienienia jest to iloraz wartości MDE dla oczu z zakresu 315 ÷ 400 nm do wartości natężenia napromienienia zmierzonego lub iloraz wartości MDE dla oczu i skóry z zakresu 180 ÷ 400 nm do wartości zmierzonego skutecznego natężenia napromienienia.

Pomiaru maksymalnego natężenie napromienienia narażonych części ciała dokonuje się w miejscu przebywania pracownika. W przypadku określenia narażenia skóry należy wykonać pomiar E_S , natomiast oczu – pomiar E_S i E_C . Niezbędne jest również wyznaczenie całkowitego czasu ekspozycji. W przypadku, gdy istnieją na stanowisku pracy zbiorowe środki ochrony – pomiary należy wykonać w warunkach ich stosowania. Natomiast gdy pracownik stosuje środki ochrony osobistej – pomiary należy wykonać bez tych środków, a następnie wyznaczyć ich współczynnik tłumienia tj. wyznaczyć na podstawie pomiarów stosunek natężenia napromienienia bez ochrony do natężenia napromienienia za ochroną.

2.3. Metoda pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy

Pomiarowi podlegają następujące wielkości: całkowite (nieselektywne) i skuteczne natężenie napromienienia oraz skuteczna luminancja energetyczna (radiancja). Wyznaczane są one w celu określenia:

a) zagrożenia fotochemicznego oka (siatkówki) światłem niebieskim (300 ÷ 700 nm). W tym celu wykonuje się:

- pomiar skutecznej luminancji energetycznej (radiancji) L_B za pomocą radiometru szerokopasmowego wywzorcowanego w jednostkach L_B [$W/(m^2sr)$] z detektorem, którego czułość widmowa dopasowana jest do krzywej skuteczności widmowej $B(\lambda)$ przedstawionej w tablicy 1 zamieszczonej w normie [6];

lub

- pomiar natężenia napromienienia E_B za pomocą radiometru szerokopasmowego wywzorcowanego w jednostkach E_B [W/m^2] z detektorem, którego czułość widmowa dopasowana jest do krzywej skuteczności widmowej $B(\lambda)$ przedstawionej w tablicy 1 zamieszczonej w normie [6].

Wybór mierzonej wielkości – skutecznej luminancji energetycznej lub natężenia napromienienia uzależniony jest od wartości kąta widzenia źródła α , który wyznacza się dla obu przypadków. Ponadto, w obu przypadkach dokonuje się

pomiaru czasu jednorazowej ekspozycji t_i oraz wyznaczenia całkowitego czasu ekspozycji t_c .

b) zagrożenia termicznego siatkówki promieniowaniem widzialnym i podczerwonym (380 ÷ 1 400 nm). W tym celu wykonuje się:

- pomiar skutecznej luminancji energetycznej (radiancji) L_R za pomocą radiometru szerokopasmowego wywzorcowanego w jednostkach L_R [$W/(m^2sr)$] z detektorem, którego czułość widmowa dopasowana jest do krzywej skuteczności widmowej $R(\lambda)$ przedstawionej w tabelicy 1 zamieszczonej w normie [6];
- pomiar czasu jednorazowej ekspozycji t_i ;
- wyznaczenie kąta widzenia źródła α .

c) zagrożenia termicznego siatkówki promieniowaniem podczerwonym z zakresu IR-A (780 ÷ 1 400 nm). W tym celu wykonuje się:

- pomiar skutecznej luminancji energetycznej (radiancji) L_R za pomocą radiometru szerokopasmowego wywzorcowanego w jednostkach L_R [$W/(m^2sr)$] z detektorem, którego czułość widmowa dopasowana jest do krzywej skuteczności widmowej $R(\lambda)$ przedstawionej w tabelicy 1 zamieszczonej w normie [6],
- pomiar czasu jednorazowej ekspozycji t_i ;
- wyznaczenie kąta widzenia źródła α ;

d) zagrożenia termicznego oka (rogówka, soczewka) promieniowaniem podczerwonym (780 ÷ 3 000 nm). W tym celu wykonuje się:

- pomiar natężenia napromienienia E za pomocą radiometru szerokopasmowego wywzorcowanego w jednostkach E [W/m^2] z detektorem o stałej czułości widmowej w zakresie 780 ÷ 3 000 nm,
- pomiar czasu jednorazowej ekspozycji t_i ;

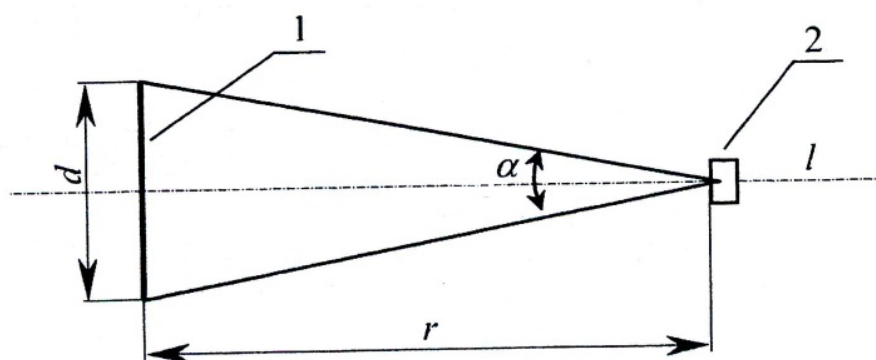
e) zagrożenia termicznego skóry promieniowaniem widzialnym i podczerwonym (IR-A, IR-B) (380 ÷ 3 000 nm). W tym celu wykonuje się:

- pomiar natężenia napromienienia E za pomocą radiometru szerokopasmowego wywzorcowanego w jednostkach E [W/m^2] z detektorem o stałej czułości widmowej w zakresie 380 ÷ 3 000 nm,
- pomiar czasu jednorazowej ekspozycji t_i ,
- wyznaczenie napromienienia $H_{skóra}$ ze wzoru

$$H_{skóra} = E \cdot t_i \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}\text{]}. \quad (1)$$

Pomiar natężenia napromienienia należy wykonać w miejscu przebywania pracownika na wysokości oczu lub skóry. Natomiast luminancję energe-

tyczną należy mierzyć tylko na wysokości oczu pracownika również w miejscu przebywania pracownika. W trakcie wykonywania pomiarów powierzchnię czynną sondy pomiarowej należy skierować w kierunku źródła, zgodnie z osią l (rys. 1). W przypadku źródeł rozciągniętych należy znaleźć takie położenie sondy, przy którym wskazania miernika są największe. W każdym miejscu pomiarowym należy wykonać co najmniej trzy pomiary.



Rys. 1. Układ pomiarowy [6];

1 – źródło promieniowania, 2 – sonda pomiarowa, l – oś przechodząca przez środek sondy pomiarowej i prostopadła do jej powierzchni, r – odległość sondy pomiarowej od źródła, d – średnica koła

Niezbędne jest również wyznaczenie czasu jednorazowej oraz całkowitej ekspozycji poprzez wykonanie pomiaru lub skorzystanie z danych dotyczących procesu technologicznego realizowanego na badanym stanowisku pracy. W przypadku, gdy istnieją na stanowisku pracy zbiorowe środki ochrony – pomiary należy wykonać w warunkach ich stosowania. Natomiast gdy pracownik stosuje środki ochrony osobistej – pomiary należy wykonać bez tych środków, a następnie wyznaczyć ich współczynnik tłumienia tj. wyznaczyć na podstawie pomiarów stosunek natężenia napromienienia bez ochrony do natężenia napromienienia za ochroną.

W przypadku braku sondy pomiarowej przeznaczonej do pomiaru skutecznej luminancji energetycznej źródła L_S można wyznaczyć tą wielkość na podstawie zmierzonego skutecznego natężenia napromienienia E_S . W tym celu należy zmierzyć lub odczytać z dokumentacji technicznej powierzchnię źródła promieniowania i porównać ją z powierzchnią koła, a następnie wyznaczyć średnicę d koła ze wzoru

$$S_{\text{ŹRÓDŁA}} = S_{\text{KOŁA}} = \pi \cdot d^2/4 \quad (2)$$

Następnie należy zmierzyć odległość oczu pracownika od źródła – r . Poszukiwana wartość luminancji energetycznej źródła L_S wyznaczana jest ze wzoru

$$L_S = E_s/A \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\text{]}, \quad (3)$$

gdzie A jest to kąt przestrzenny wyrażony wzorem

$$A = \alpha^2 \cdot \pi /4 \text{ [sr]}, \quad (4)$$

gdzie α wymiar kątowy źródła promieniowania wyrażony wzorem

$$\alpha = d/r. \quad (5)$$

2.4. Uwagi dotyczące metod pomiaru

Niepewność wykonywanych pomiarów, rozszerzona względna dla $k = 2$, nie powinna przekraczać 30% na poziomie ufności 95% dla pomiarów, których wyniki porównywane są z wartościami maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE). Przy pomiarach natężenia napromienienia i napromienienia odpowiedź kątowna przy kątach widzenia z zakresu $\pm 60^\circ$ powinna zgadzać się z funkcją cosinusa w granicach $\pm 5\%$. Podczas wykonywania pomiarów należy uwzględnić warunki środowiskowe, które mogą mieć wpływ na wynik pomiarów (np. temperatura, wilgotność, zapylenie, pole elektromagnetyczne, itp.). Aparatura pomiarowa powinna być wzorcowana. Geometrię pomiaru należy ustalić poprzez usytuowanie detektora blisko eksponowanych części ciała przy typowych ich położeniach i nakierowanie go na maksimum promieniowania. W przypadku wykonywania pomiarów luminancji energetycznej (radiancji) lub natężenia napromienienia światłem niebieskim należy wyznaczyć rzeczywistą średnicę źródła promieniowania D (jest to średnica koła, gdy źródło jest kołowe, lub średnia arytmetyczna najdłuższego i najkrótszego wymiaru, jeżeli źródło jest podłużne), odległość źródła promieniowania od narażonej części ciała pracownika r oraz kąt widzenia Φ (określany jako kąt między normalną do źródła i linią widzenia). W przypadku, gdy źródło promieniowania nie znajduje się na wprost np. twarzy pracownika, wówczas należy wyznaczyć widzianą średnicę źródła $D_L = D \cos \varphi$. Ponadto należy obliczyć rozmiar kąta widzenia źródła α ze wzoru

$$\alpha = D_L/r \quad (6)$$

Istotną kwestią jest prawidłowe wyznaczenie czasu pomiaru. W przypadku występowania stałego promieniowania jest on nie określony. Gdy występuje pro-

mieniowanie o regularnej zmienności należy przyjąć do pomiarów np. 10 okresów zmienności. Natomiast gdy badane promieniowanie ma przypadkowe zmiany – wówczas należy przyjąć czas pomiaru wystarczająco długi, np. jedna zmiana robocza. Ponadto podczas wykonywania pomiarów należy zagwarantować bezpieczeństwo osobom wykonującym pomiar poprzez zapewnienie – jeśli jest to konieczne – odpowiednich środków ochrony osobistej.

2.5. Przygotowanie raportu z badań

Raport sporządzony po każdym pomiarach i ocenie ekspozycji powinien zawierać co najmniej:

- datę wykonania pomiarów,
- opis obiektów pomiarowych,
- analizę zadania roboczego,
- fotografie lub schematyczne szkice stanowiska pracy i umiejscowienia punktów pomiarowych,
- opis stosowanej aparatury pomiarowej (typ, numer identyfikacyjny), opis metody pomiarów,
- zastosowane wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE),
- przedstawienie wyników pomiarów:
 - w wielkościach i jednostkach MDE,
 - oddzielnie dla różnych części ciała,
 - w przypadku, gdy pracownicy zmieniają położenie lub czynności w trakcie zmiany roboczej całkowite napromienienie w ciągu zmiany roboczej należy obliczyć jako sumę wszystkich natężeń napromienień ze wszystkich położenia i czynności wykonywanych przez pracownika,
- ocenę ekspozycji – poprzez porównanie wyniku pomiaru z odpowiednią wartością maksymalnej dopuszczalnej ekspozycji (MDE) i stwierdzenie, czy jest ona spełniona czy nie,
- wartość niepewności,
- propozycję polepszenia stanu ekspozycji i bezpieczeństwa pracy – jeśli to konieczne, w przypadku, gdy wartość maksymalnej dopuszczalnej ekspozycji (MDE) jest przekroczona, to należy zalecić stosowanie odpowiednich środków ochronnych,
- informację dotyczącą następnego terminu wykonania pomiarów i oceny. Powtórzenie pomiaru i oceny może być konieczne jeżeli:
 - zmieniono źródło promieniowania lub warunki jego pracy,
 - zmienił się rodzaj pracy,
 - zmienił się czas ekspozycji,

- zastosowano, lub zaprzestano stosować, lub zmieniono środki ochronne,
- minął termin wynikający z ustalonej częstotliwości wykonywania pomiarów, określony zgodnie z Rozporządzeniem [4].

Wyznaczone z pomiarów krotności MDE powyżej 0,7 MDE wskazują na konieczność wykonania kolejnych badań w odstępie co najmniej roku od daty ostatniego pomiaru. Natomiast wyznaczone z pomiarów krotności MDE z przedziału powyżej 0,4 do 0,7 MDE wskazują na konieczność wykonania kolejnych badań w odstępie co najmniej 2 lat od daty ostatniego pomiaru. W przypadku, gdy wyznaczone z pomiarów krotności MDE mają wartości poniżej 0,4 wartości MDE wówczas następne pomiary należy wykonać w odstępie dwóch lat od daty ostatniego pomiaru. Jeśli w następnych badaniach poziom ekspozycji nie będzie przekraczał 0,4 wartości MDE, wówczas na tych stanowiskach pracy będzie można odstąpić od wykonywania dalszych badań danego rodzaju promieniowania pod warunkiem, że na tym stanowisku nie zostaną wprowadzone zmiany w wyposażeniu technicznym lub warunkach wykonywania pracy [4].

3. WNIOSKI DOTYCZĄCE STOSOWANIA WYMAGAŃ ZAWARTYCH W POSZCZEGÓLNYCH NORMACH

W przypadku oceny zagrożenia pracowników ze względu na możliwość fotochemicznego uszkodzenia rogówki, spojówki soczewki oka oraz skóry promieniowaniem nadfioletowym należy stosować zapisy dotyczące aparatury pomiarowej oraz sposobu pomiaru zawarte w normie PN-EN 14255-1: 2010 [7]. Gdy źródło promieniowania nadfioletowego promieniuje w zakresie długości fali $180 \div 400$ nm wówczas należy, zgodnie z normą [7] stosować sondy pomiarowe skorygowane do względnej skuteczności biologicznej promieniowania nadfioletowego $S(\lambda)$.

Natomiast w celu oceny zagrożenia pracowników ze względu na możliwość fotochemicznego uszkodzenia siatkówki oka oraz termicznego uszkodzenia siatkówki, rogówki i soczewki oka oraz skóry promieniowaniem widzialnym i podczerwonym należy stosować wytyczne dotyczące aparatury pomiarowej oraz sposobu pomiaru zawarte w normie PN-EN 14255-2: 2010 [8]. Zgodnie z zapisami tej normy [8] w przypadku oceny zagrożenia pracowników światłem niebieskim (oddziaływanie fotochemiczne na siatkówkę oka) należy stosować sondy pomiarowe skorygowane do względnej skuteczności widmowej wywoły-

wania uszkodzeń fotochemicznych $B(\lambda)$. Natomiast sondy pomiarowe przewidziane do oceny zagrożenia termicznego siatkówki oka muszą być skorygowane do skuteczności widmowej wywoływania uszkodzeń termicznych $R(\lambda)$.

W przypadku braku sondy pomiarowej przeznaczonej do pomiarów skutecznej luminancji energetycznej źródła L_S w celu oceny zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem podczerwonym w normie [6] podana jest bardzo przydatna metoda obliczania tej wielkości na podstawie zmierzonego skutecznego natężenia napromienienia E_S tego promieniowania.

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2011-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. Dyrektywa 2006/25/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 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 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG) (Dz. Urz. UE Nr L 114 z 27.04.2006, str. 38).
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2011 nr 33 poz. 166).
3. PN-T-06589: 2002 Ochrona przed promieniowaniem optycznym – Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy.
4. PN-T-05687: 2002 Ochrona przed promieniowaniem optycznym – Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy.
5. 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.
6. PN-EN 14255-2: 2010. Pomiar i ocena ekspozycji osób na niespójne promieniowanie optyczne. Część 2: Promieniowanie widzialne i podczerwone emitowane przez źródła sztuczne na stanowisku pracy.
7. PN-EN 12198-1+A1: 2010. Maszyny. Bezpieczeństwo. Ocena i zmniejszenie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny. Część 1: Zasady ogólne.
8. PN-EN 12198-2: +A1: 2010. Maszyny. Bezpieczeństwo. Ocena i zmniejszenie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny. Część 2: Procedury pomiaru emisji promieniowania.
9. PN-EN 62471: 2010. Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych.
10. Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne (Dz.U. nr 100, poz., 643).

11. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. nr 141, poz. 950.

Rękopis dostarczono dnia 26.03.2012 r.

PRINCIPLES OF MEASUREMENT OF OPTICAL RADIATION AT WORK PLACES

Andrzej PAWLAK

ABSTRACT *This paper presents the requirements for the method and extent of testing of non coherent optical radiation at work places as well as the meters used for tests. The requirements are based on the current standards in the field of optical radiation. The scope of the exposure measurements are presented in conjunction with the current values of MDE. There is a description of the method of determining the angular dimension of radiation source α and how to calculate the effective source radiance from the measured effective irradiance. At the end, the paper presents the recommended frequency of testing and suggestions concerning the content of the study.*

Keywords: *ultra-violet, visible and infra-red radiation, irradiance, radiance*

