

Agnieszka WOLSKA

WYBRANE PROBLEMY ZWIĄZANE Z OCENĄ ZAGROŻENIA PROMIENIOWANIEM OPTYCZNYM NA „GORĄCYCH” STANOWISKACH PRACY W PRZEMYŚLE

STRESZCZENIE *W artykule przedstawiono główne problemy związane z wykonywaniem pomiarów promieniowania optycznego na „gorących” stanowiskach pracy niezbędnych do oceny zagrożenia tym promieniowaniem. Na podstawie wyników badań poziomu ekspozycji na stanowiskach pracy w hutach stali, aluminium, szkła i odlewniach żeliwa przedstawiono ocenę zagrożenia na tych stanowiskach pracy. Stwierdzono, że najczęściej występowało zagrożenie termiczne rogówki i soczewki oka, natomiast w ogóle nie stwierdzono zagrożenia termicznego i fotochemicznego siatkówki oka, czy też zagrożenia fotochemicznego soczewki oka promieniowaniem UVA. Zaproponowano zakres oceny zagrożenia na tych stanowiskach pracy oraz wskazówki dotyczące sposobu wykonywania pomiarów.*

Słowa kluczowe: *promieniowanie optyczne, technologiczne temperaturowe źródła promieniowania, ocena zagrożenia oczu i skóry, „gorące” stanowiska pracy*

dr inż. Agnieszka WOLSKA
email: agwol@ciop.pl

Zakład Techniki Bezpieczeństwa
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 256, 2012

1. WSTĘP

„Gorące” stanowiska pracy występują przede wszystkim w przemyśle hutniczym, odlewniczym i koksowniczym, gdzie temperaturowymi źródłami promieniowania są: płynna stal, żeliwo, metale żelazne i nieżelazne, żużel, masa szklana oraz rozgrzane do wysokiej temperatury ściany pieca, kadzi, wanien szklarskich itp. Takie źródła promieniowania podczerwonego nazywa się źródłami technologicznymi. Zakres emitowanego przez te źródła promieniowania optycznego zależy w dużej mierze od temperatury źródła. Zgodnie z prawem przesunięć Wiena, wraz ze wzrostem temperatury źródła temperaturowego, maksimum emisji jego promieniowania przesuwa się w kierunku fal krótszych. Wraz z przesuwanym maksimum emisji zmienia się zakres widma promieniowania, które w zależności od temperatury źródła, może obejmować, oprócz promieniowania podczerwonego, promieniowanie widzialne, a nawet bliski nadfiolet. Z powyższego wynika, że przy ocenie zagrożenia promieniowaniem optycznym na stanowiskach pracy, gdzie występują źródła temperaturowe, niezbędna jest znajomość ich temperatury, gdyż dzięki temu możemy określić zakres widmowy emisji źródła i wynikający z tego zakres oceny zagrożenia. I tak, w przypadku, gdy źródłem jest płynna stal o temperaturze ok. 1600°C, która staje się również silnym bodźcem świetlnym, zakres emisji obejmuje oprócz promieniowania podczerwonego, promieniowanie widzialne i bliski nadfiolet (UVA), a ocena dotyczy zagrożenia termicznego oczu i skóry promieniowaniem widzialnym i podczerwonym oraz fotochemicznego oczu światłem niebieskim i promieniowaniem UVA. Natomiast, gdy źródłem jest zewnętrzna ściana kadzi rozgrzana do temperatury ok. 450°C, wówczas zakres emisji obejmuje tylko promieniowanie podczerwone, a ocena dotyczy zagrożenia termicznego oczu i skóry promieniowaniem podczerwonym.

W związku z nałożonym na pracodawcę obowiązkiem oceny zagrożenia zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, gdzie występuje narażenie na promieniowanie optyczne [1, 7], należy określać poziomy ekspozycji na to promieniowanie na „gorących” stanowiskach pracy. Wartości wyznaczonych poziomów ekspozycji porównuje się z maksymalnymi dopuszczalnymi ekspozycjami (MDE) zawartymi w rozporządzeniu w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń w środowisku pracy [6] i na tej podstawie określa stopień zagrożenia tym promieniowaniem. Zakres oceny zagrożenia zależy od składu widmowego emitowanego promieniowania optycznego oraz charakterystyki czynności wykonywanych przez pracownika w narażeniu na to promieniowanie. Po określeniu na danym stanowisku pracy zakresu oceny, niezbędne jest odpowiednie wykonanie pomiarów w miejscu

przebywania pracownika podczas wykonywania poszczególnych czynności pracy w narażeniu. Metodę wykonywania badań określają odpowiednie normy techniczne [2÷5]. Z zakresu oceny wynika: liczba i rodzaj niezbędnych do zmierzenia parametrów promieniowania optycznego, rodzaj mierzonego czasu ekspozycji (jednorazowy, całkowity) oraz mierzone parametry geometryczno-przestrzenne na stanowisku pracy (wielkość źródła promieniowania, geometria usytuowania pracownika względem źródła promieniowania). Często wykonywanie pomiarów na tych stanowiskach pracy wiąże się z szeregiem utrudnień i ograniczeń wynikających z rodzaju i czasu trwania danego procesu technologicznego, przy którym występuje narażenie pracownika, a także z różnego rodzaju zagrożeniami dla zdrowia osób wykonujących pomiary, jak i zagrożeniami uszkodzenia aparatury pomiarowej.

Celem artykułu jest przedstawienie głównych problemów związanych z wykonywaniem pomiarów parametrów promieniowania optycznego na „gorących” stanowiskach oraz wyników oceny zagrożenia oczu i skóry tym promieniowaniem, jakie występowało na badanych stanowiskach pracy w hutach i odlewniach, a także wskazówek dotyczących zakresu badań i sposobu wykonywania pomiarów na tych stanowiskach.

2. OCENA ZAGROŻENIA PROMIENIOWANIEM OPTYCZNYM NA „GORĄCYCH” STANOWISKACH PRACY

2.1. Zakres oceny

Jak przedstawiono we wstępie, punktem wyjścia do określenia zakresu oceny jest temperatura źródła promieniowania. Na tej podstawie możemy określić, jaki zakres promieniowania optycznego powinien być potencjalnie uwzględniany w ocenie. W przypadku źródeł podczerwieni emitujących również w zakresie widzialnym, należy zmierzyć ich luminancję świetlną w celu określenia, czy przekracza ona $10\ 000\ \text{cd/m}^2$. Jeśli tak, to wówczas przyjmujemy, że dane źródło jest silnym bodźcem świetlnym i uwzględniamy to odpowiednio przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka. Uwzględniając powyższe, w tabeli 1 przedstawiono potencjalny zakres oceny zagrożenia promieniowaniem optycznym emitowanym przez źródła temperaturowe. Uwzględnia on wszystkie potencjalne rodzaje zagrożenia dla zdrowia powodowane promieniowaniem optycznym z zakresu od UVA do IRB, zgodnie z obowiązującymi kryteriami oceny [1, 7].

TABELA 1

Potencjalny zakres oceny zagrożenia promieniowaniem optycznym wynikający z zakresu widmowej emisji temperaturowego źródła promieniowania na „gorących” stanowiskach pracy

$L < 10 \text{ cd/m}^2$	$10 \text{ cd/m}^2 < L_{\text{ir}} < 10\,000 \text{ cd/m}^2$	$L_{\text{ir}} \geq 10\,000 \text{ cd/m}^2$	Uwagi
Zagrożenie termiczne siatkówki pasmem 780÷1400 nm		Zagrożenie termiczne siatkówki pasmem 380÷1400 nm	Dotyczy czasów jednorazowej ekspozycji
Zagrożenie termiczne rogówki i soczewki pasmem 780÷3000 nm			
Zagrożenie termiczne skóry pasmem 380÷3000 nm			Dotyczy czasów jednorazowej ekspozycji poniżej 10 s
Nieoceniające	Zagrożenie fotochemiczne siatkówki pasmem 300÷700 nm		Dotyczy czasów całkowitej ekspozycji w ciągu zmiany roboczej
	Zagrożenie fotochemiczne soczewki pasmem 315÷400 nm		

Jak można zauważyć, potencjalny zakres oceny zagrożenia zdrowia dla określonej czynności pracy w narażeniu na promieniowanie optyczne emitowane przez źródła temperaturowe, które są silnymi bodźcami świetlnymi, może obejmować pięć różnych zagrożeń: termiczne i fotochemiczne siatkówki oka, termiczne rogówki i soczewki oka, termiczne skóry i fotochemiczne soczewki oka. Taki zakres oceny wymaga wykonania szeregu pomiarów różnych parametrów promieniowania optycznego, czasu ekspozycji (jednorazowej i całkowitej) oraz parametrów geometryczno-przestrzennych na stanowisku pracy, które będą niezbędne zarówno do wyznaczenia poziomów ekspozycji, jak i do określenia wartości MDE.

2.2. Metoda badań

Metoda badań określona jest w normach technicznych [2÷5]. Jakkolwiek w normach przedstawione są różne rodzaje urządzeń pomiarowych (radiometry, dozymetry, spektrometry), które mogą być stosowane do pomiarów parametrów promieniowania optycznego i każdy z parametrów może być wyznaczany co najmniej dwiema metodami (z wykorzystaniem różnych urządzeń pomiarowych) [4, 5], to w rzeczywistości rodzaj posiadanej aparatury pomiarowej narzuca stosowaną metodę pomiaru. W przypadku pomiarów na „gorących” stanowiskach pracy, ze względów technicznych i organizacyjnych, najlepiej stosować małe, przenośne radiometry (z podświetlanym wyświetlaczem) z odpowiednim zestawem sond. Sondy powinny być wyraźnie oznaczone w celu łatwej ich identyfikacji podczas wykonywania pomiarów.

Przed przystąpieniem do pomiarów poziomu promieniowania emitowanego przez źródło temperaturowe na „gorących” stanowiskach pracy, należy wykonać szczegółową analizę ekspozycji, w skład której wchodzi określenie:

- rodzajów czynności pracy w narażeniu;
- temperatury źródła/źródeł promieniowania;
- luminancji świetlnej źródła/źródeł promieniowania;
- wielkości źródła/źródeł promieniowania (wymiary);
- pozycji pracy i położenia pracownika względem źródła promieniowania (odległości położenia oczu, twarzy i rąk od źródła, kąt obserwacji źródła promieniowania);
- czasu jednorazowej ekspozycji (czas wykonywania danej czynności w narażeniu);
- całkowitego czasu ekspozycji w ciągu zmiany roboczej;
- rodzaju stosowanych środków ochrony zbiorowej;
- rodzaju stosowanych środków ochrony indywidualnej.

Następnie należy wyznaczyć punkty pomiarowe odpowiadające położeniu ekspozowanych części ciała i w każdym punkcie wykonać serię pomiarów dla poszczególnych parametrów promieniowania optycznego, zgodnie z określonym wcześniej zakresem oceny zagrożenia. Sposób wykonywania pomiarów określają normy techniczne [2÷5].

Istotne jest, aby osoby wykonujące pomiary były ubrane w odpowiednie ubranie ochronne i środki ochrony indywidualnej przed wszystkimi czynnikami szkodliwymi występującymi na danym stanowisku pracy (promieniowanie optyczne, hałas, pyły).

2.3. Zidentyfikowane problemy przy wykonywaniu badań na stanowiskach pracy w hutnictwie i odlewnictwie

W przypadku technologicznych źródeł promieniowania występujących na stanowiskach pracy w hutach czy odlewniach, pojawia się szereg czynników, które utrudniają lub uniemożliwiają wykonanie pomiarów ściśle z zasadami określonymi w normach [4, 5]. Do podstawowych problemów zalicza się:

- trudne warunki pomiaru (wysoka temperatura otoczenia, niebezpieczne odpryski, ograniczona przestrzeń na ustawienie się przy pracowniku z aparaturą pomiarową, hałas, pyły);
- możliwość uszkodzenia aparatury pomiarowej na skutek czynników mechanicznych i zdarzeń losowych (odbicia, odpryski, ogień itp.);

- niekorzystny wpływ pól elektromagnetycznych na działanie aparatury pomiarowej (np. przy piecach indukcyjnych);
- przekroczenie zakresu pomiarowego radiometru – przy źródłach wysokotemperaturowych i małych odległościach od źródła;
- zbyt krótki czas trwania procesu/czynności w narażeniu na wykonanie wszystkich pomiarów w jednym cyklu pomiarowym;
- niestabilność w czasie emitowanego promieniowania (odlewanie, zalewanie kadzi i form, wrzucanie zasyпки itp.);
- brak możliwości precyzyjnego ustawienia sondy przy pomiarze luminancji energetycznej tak, aby geometria pomiaru odpowiadała dokładnie kątowi obserwacji źródła przez pracownika;
- ograniczona możliwość dokładnego wyznaczenia odległości i wielkości źródeł promieniowania oraz kąta obserwacji źródła;
- utrudnione wyznaczanie jednorazowego czasu ekspozycji dla każdej czynności pracy w narażeniu (brak możliwości powtórzenia pomiaru czasu ze względu na cykl produkcyjny lub różne czasy wykonywania tej samej czynności przez różnych pracowników);
- utrudnione wykonywanie pomiarów przez stosowane środki ochrony indywidualnej (filtry ochronne w osłonach oczu ograniczające oślnienie od źródeł promieniowania, które jednocześnie utrudniają odczytywanie wyników pomiarów na wyświetlaczu oraz zapisywanie wyników pomiarów, ochronniki słuchu oraz układu oddechowego – utrudniają porozumiewanie się podczas wykonywania pomiaru).

Pomimo występowania ww. utrudnień, pomiary i ocenę zagrożenia promieniowaniem optycznym należy wykonywać na tych stanowiskach pracy, przy czym często koniecznym jest stosowanie pewnych odstępstw od znormalizowanych metod badań i przyjęcie zasad upraszczających pomiary, które zostały określone na podstawie doświadczenia i wyników badań wykonanych na takich stanowiskach pracy i przedstawione w tym artykule.

3. WYNIKI BADAŃ

Badania w celu oceny zagrożenia promieniowaniem optycznym na „gorących” stanowiskach pracy przeprowadzono w hutach: stali, aluminium, szkła oraz odlewni żeliwa. Wyniki oceny wskazują, że na tych stanowiskach najczęściej występuje zagrożenie termiczne rogówki i soczewki promieniowaniem podczerwonym oraz rzadziej zagrożenie termiczne skóry promieniowaniem widzialnym i podczerwonym. Na żadnym z badanych stanowisk, bez

względu na temperaturę źródła, nie stwierdzono zagrożenia termicznego i fotochemicznego siatkówki oka oraz fotochemicznego soczewki oka promieniowaniem UVA.

W badanych przedsiębiorstwach przy wykonywanych czynnościach pracy źródła promieniowania miały różną temperaturę (od 250°C do 1700°C), co wpływało na poziom emitowanego promieniowania. Ponadto występowały różne odległości pomiaru i wielkości źródeł promieniowania oraz czasy jednorazowej ekspozycji, które stosowano do oceny zagrożenia. Z tego względu przedstawienie bezpośrednich wyników oceny zagrożenia na różnych stanowiskach pracy nie odzwierciedlałoby pewnych ogólnych wniosków, jakie wynikają z tych badań. Aby przedstawić skalę potencjalnego zagrożenia na różnych „gorących” stanowiskach pracy, przeanalizowano osobno poszczególne rodzaje zagrożeń na nich występujące.

3.1. Zagrożenie termiczne rogówki i soczewki oka

Zagrożenie termiczne rogówki i soczewki występowało na niektórych stanowiskach pracy we wszystkich badanych zakładach. Na podstawie wyników pomiarów poziomów ekspozycji przy tym zagrożeniu, najlepiej było przeanalizować wpływ temperatury źródła na poziom ekspozycji. W tym celu wybrano największe zmierzone wartości natężenia napromienienia rogówki oczu promieniowaniem podczerwonym przy różnych temperaturach źródeł. Wyniki te, choć mierzone w różnych odległościach od źródeł o różnych wymiarach, odzwierciedlają zależność mierzonego natężenia napromienienia od temperatury źródła (rys. 1). Wyraźnie widać wzrost mierzonego natężenia napromienienia na rogówce wraz ze wzrostem temperatury źródła. W zależności od rodzaju technologicznego źródła promieniowania: stal, żeliwo, aluminium, szkło, maksymalne temperatury źródeł promieniowania znacznie się różnią, a tym samym mierzone wartości natężenia i potencjalne zagrożenie termiczne oczu pracowników.

Na rysunku 2 przedstawiono maksymalne zmierzone natężenia napromienienia rogówki przy maksymalnych temperaturach źródeł występujących przy wytopie stali, aluminium, żeliwa i szkła.

Analizując wyniki pomiaru samego natężenia napromienienia, nie można jeszcze stwierdzić, czy podczas wykonywania czynności pracy występuje zagrożenie rogówki wynikające z przekroczenia wartości MDE. Aby to określić, konieczna jest informacja o czasie jednorazowej ekspozycji, gdyż wartości MDE rogówki i soczewki promieniowaniem podczerwonym (maksymalne do-

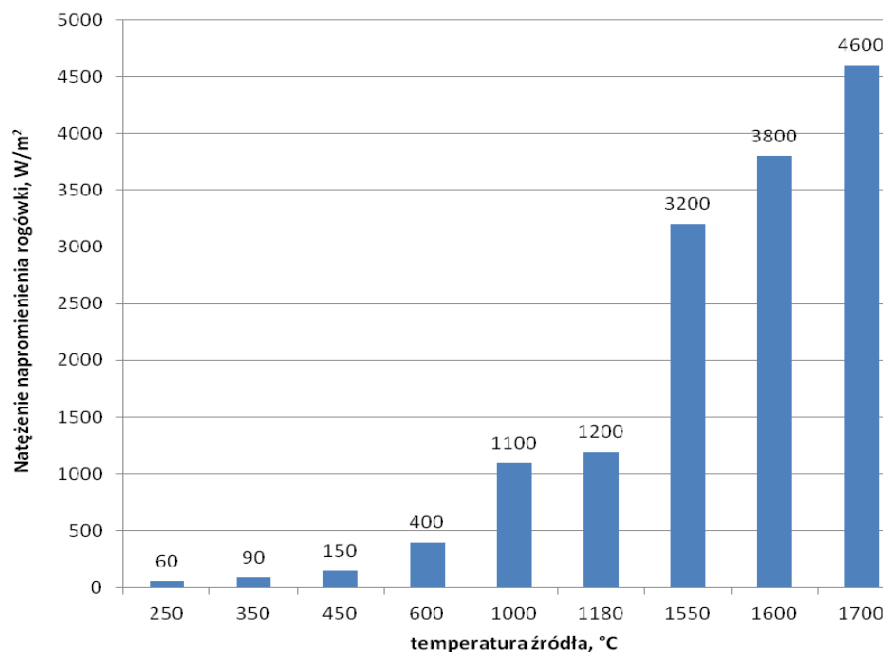
puszczalne natężenie napromienienia oczu promieniowaniem podczerwonym – E_{IR}) dla czasów ekspozycji poniżej 1000 s silnie zależą od czasu (t):

$$E_{IR} = 18000 \cdot t^{-0,75} \text{ W/m}^2 \quad (1)$$

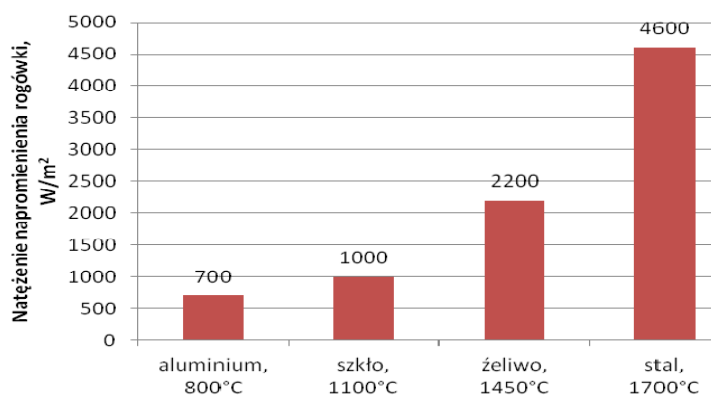
dla $t \leq 1000$ s, oraz

$$E_{IR} = 100 \text{ W/m}^2$$

dla $t > 1000$ s.

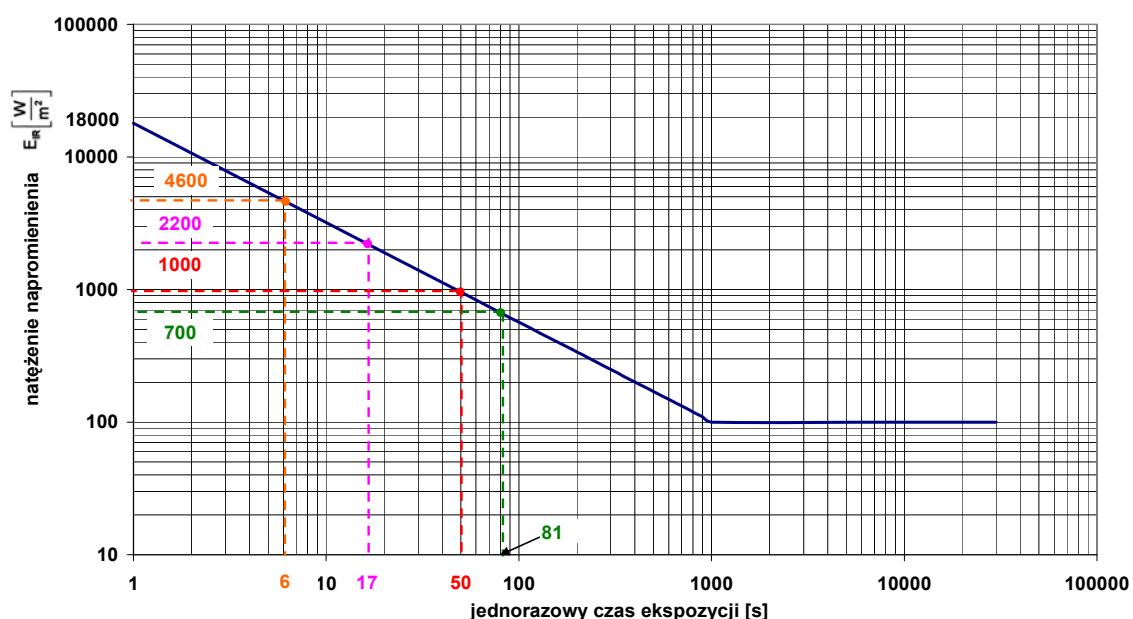


Rys. 1. Maksymalne natężenia napromienienia rogówki promieniowaniem podczerwonym zmierzone na stanowiskach pracy w hucie stali przy różnych temperaturach źródła promieniowania



Rys. 2. Maksymalne natężenia napromienienia rogówki promieniowaniem podczerwonym zmierzone na stanowiskach pracy w hutach stali, szkła, aluminium oraz w odlewni żeliwa przy maksymalnych temperaturach źródła promieniowania występujących w tych obiektach

W celu wyznaczenia dopuszczalnych czasów jednorazowej ekspozycji oczu na promieniowanie podczerwone, wynikających ze zmierzonych maksymalnych natężeń napromienienia rogówki, można posłużyć się wykresem przebiegu zmienności wartości MDE od czasu. Na rysunku 3 przedstawiono wykres maksymalnego dopuszczalnego natężenia napromienienia w zależności od czasu jednorazowej ekspozycji. Na wykresie zaznaczono wartości maksymalnych poziomów ekspozycji występujących przy wytopie stali, aluminium, żeliwa i szkła (dane jak na rysunku 2), dla których określono z wykresu maksymalne dopuszczalne czasy jednorazowej ekspozycji.



Rys. 3. Maksymalne czasy jednorazowej ekspozycji przy wyznaczonych z pomiarów maksymalnych natężeniach napromienienia rogówki w hucie stali, aluminium, szkła i żeliwa

Można stwierdzić, że w hutach stali, gdzie występowały źródła o najwyższych temperaturach, dopuszczalne czasy jednorazowej ekspozycji oczu (bez stosowania ochron oczu) nie przekraczają 6 s, natomiast przy wytopie aluminium ten czas jest znacznie dłuższy i wynosi 81 s. Taka analiza uzyskanych wyników jest bardzo pomocna, gdyż przyjmowany w ocenie zagrożenia czas jednorazowej ekspozycji jest często uśredniany z kilku pomiarów czasów wykonywania danej czynności przez danego pracownika lub przez różnych pracowników. Jeśli zmienia się czas jednorazowej ekspozycji przy tym samym poziomie promieniowania, to oceniane zagrożenie może istotnie się zmienić. Dotyczy to w szczególności długich czasów ekspozycji, gdzie przekroczenie MDE występuje przy stosunkowo niskich poziomach natężenia napromienienia ($100 \text{ W}/\text{m}^2$). Przy tym poziomie natężenia napromienienia nie występuje odruch obronny powodujący odsunięcie się człowieka od źródła na skutek odczucia

bólu lub „parzenia” skóry, wobec czego przy długiej obserwacji źródła rogówka oka pracownika może być niewystarczająco chroniona przed promieniowaniem podczerwonym.

3.2. Zagrożenie termiczne i fotochemiczne siatkówki oka

Najwięcej problemów z wyznaczaniem poziomu ekspozycji i wartości MDE jest przy ocenie zagrożenia termicznego i fotochemicznego siatkówki oka. Wynika to z następujących czynników:

- pomiary wykonywane są z wykorzystaniem dwóch sond: jednej do pomiaru skutecznej luminancji energetycznej z zakresu VIS i drugiej do pomiaru natężenia napromienienia z zakresu IRA (zatem potrzebny jest dłuższy czas na wykonanie dwóch serii pomiarów);
- należy wykonać dodatkowo pomiar luminancji świetlnej miernikiem luminancji w celu określenia, czy źródło jest silnym czy słabym bodźcem świetlnym (wiąże się to z wnoszeniem w obszar pomiaru jeszcze jednego miernika oraz z wydłużeniem czasu potrzebnego do wykonania wszystkich pomiarów);
- przy pomiarach skutecznej luminancji energetycznej nie ma możliwości precyzyjnego ustawienia sondy (tak, aby kąt widzenia źródła przez sondę odpowiadał kątowi widzenia źródła przez pracownika); stąd, praktycznie, trzymając podczas pomiaru sondę przy oczach pracownika, „szuka” się maksymalnych wskazań przy powolnej zmianie kąta widzenia sondy i nie ma praktycznie możliwości wyznaczenia kąta położenia sondy i kąta obserwacji źródła przez pracownika w czasie wykonywania pomiarów; kąty te wyznacza się przy opracowywaniu wyników pomiarów; w efekcie wartości mierzone w serii pomiarowej często różnią się znacznie (tabela 2);
- konieczne jest w miarę dokładne wyznaczenie położenia oczu pracownika względem źródła promieniowania (odległość od źródła, kąt obserwacji źródła promieniowania) oraz wymiarów źródła promieniowania (często jest to wyznaczanie pozornej powierzchni świecącej);
- analiza wyników pomiaru jest dość pracochłonna: wyznaczanie pola pozornej powierzchni świecącej, kąta widzenia źródła oraz przeliczanie natężenia napromienienia promieniowaniem IRA na luminancję energetyczną (przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki).

W tabeli 2 przedstawiono przykłady zmierzonych i wyznaczonych na podstawie pomiarów wartości skutecznej luminancji energetycznej źródła

przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem pasma 380-1400 nm (silny bodziec świetlny) na stanowiskach w odlewni żeliwa. Można zauważyć, że zakres zmian zmierzonej skutecznej luminancji energetycznej w zakresie widzanym jest stosunkowo duży, a jej wartości różnią się nawet pięciokrotnie. Jednocześnie wartości skutecznej luminancji energetycznej z zakresu IRA, które wyznaczone są na podstawie zmierzonego skutecznego natężenia napromienienia, zgodnie z normą PN-T-05687:2002 [3], są we wszystkich przypadkach znacznie większe. Udział skutecznej luminancji energetycznej z zakresu widzialnego w sumarycznej luminancji energetycznej z zakresu VIS i IRA wynosi maksymalnie 0,1%. Biorąc pod uwagę fakt, że wartości MDE dla zagrożenia termicznego siatkówki są bardzo wysokie (rzędu 10^5 ÷ 10^8 W/(m²sr)), wartości poziomów ekspozycji wyznaczone z pomiarów na „gorących” stanowiskach pracy były dużo mniejsze od wartości granicznych, a zatem zagrożenie termiczne siatkówki oka było pomijalnie małe.

TABELA 2

Przykłady otrzymanych na podstawie pomiarów wartości skutecznej luminancji energetycznej źródła przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem z zakresu 380-1400 nm (stanowiska pracy w odlewni żeliwa)

Stanowisko / czynność	Skuteczna luminancja energetyczna źródła przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka (silny bodziec świetlny) L_R [W/(m ² sr)]			
	z zakresu 380÷780 nm		z zakresu 780÷1400 nm	Sumaryczna 380÷1400 nm
	Zakres zmian (min÷max)	Wartość średnia	Wartość przeliczana z pomiarów E_R	
Wytapiacz metalu przy piecu tyglowym / załadunek pieca	0,14÷0,78	0,3	277	277,3
Zalawacz form / pobieranie próbek	0,6÷2,2	1,26	1519	1520,26
Zalawacz form / zalewanie form	0,15÷0,65	0,37	780	780,37
Kadziowy / ściąganie żuźła z powierzchni metal w kadzi	1÷3,7	2,6	1005	1007,6

Na badanych stanowiskach pracy wyznaczone wielkości kątowe źródeł promieniowania (α) zawsze były większe od 11 mrad, a bardzo często przekraczały wartość 100 mrad i dlatego formalnie uznano je za źródła duże i odpowiednio wyznaczano wartość MDE.

W przypadku zagrożenia fotochemicznego siatkówki oka, wyznaczone z pomiarów wartości skutecznej luminancji energetycznej z zakresu światła niebieskiego nie przekraczały 2 W/(m²sr), wobec czego bez względu na czas

całkowitej ekspozycji, zagrożenie fotochemiczne siatkówki oka było pomijalnie małe, gdyż najmniejsza wartość MDE dla źródeł dużych wynosi $100 \text{ W}/(\text{m}^2\text{sr})$.

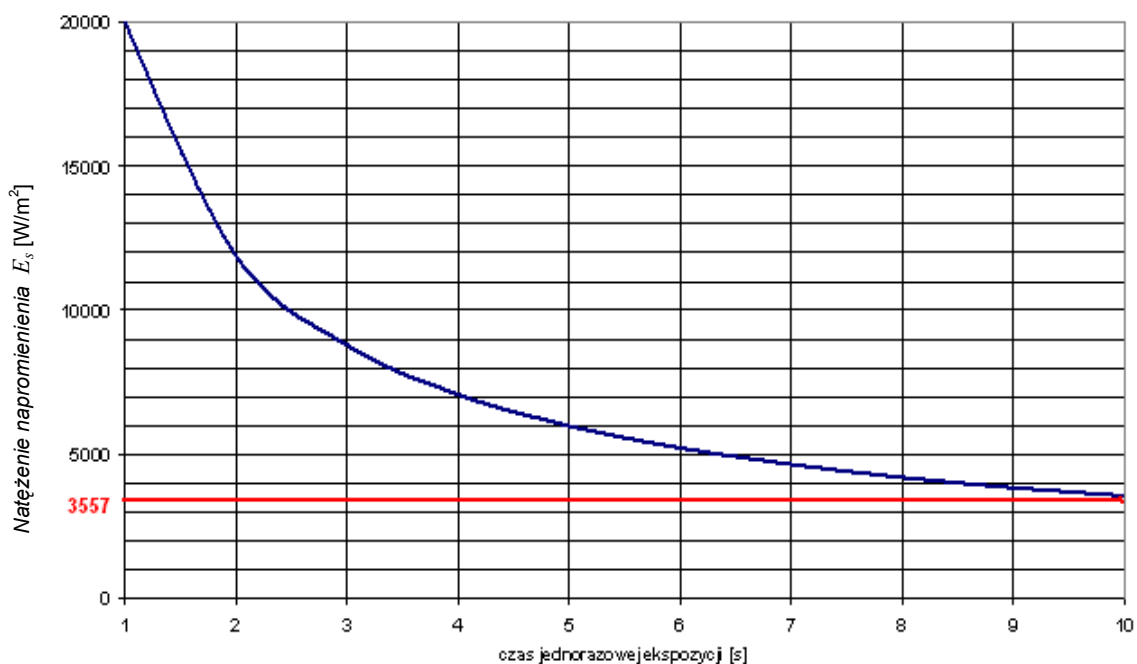
Podsumowując, można stwierdzić, że na żadnym z badanych „gorących” stanowisk pracy nie stwierdzono zagrożenia termicznego i fotochemicznego siatkówki oka.

3.3. Zagrożenie termiczne skóry

Ocenę zagrożenia termicznego skóry dokonuje się dla zakresu 380-3000 nm i tylko dla czasów jednorazowej ekspozycji poniżej 10 s. Wartości MDE odnoszą się do napromienienia, które silnie zależy od czasu jednorazowej ekspozycji, zgodnie ze wzorem:

$$H_{skóra} = 20000 \cdot t^{0,25} \quad \text{J/m}^2 \quad (1)$$

Wraz ze wzrostem czasu ekspozycji wzrasta wartość MDE, ale dopuszczalne natężenie napromienienia dla dłuższych czasów ekspozycji maleje (rys. 4) i przy czasie 10 s osiąga wartość $3557 \text{ W}/\text{m}^2$. Jeśli zatem wyznaczona z pomiarów wartość natężenia napromienienia skóry jest poniżej tej wartości, to oznacza, że nie występuje zagrożenie termiczne uszkodzenia skóry (poparzenia) tym promieniowaniem.



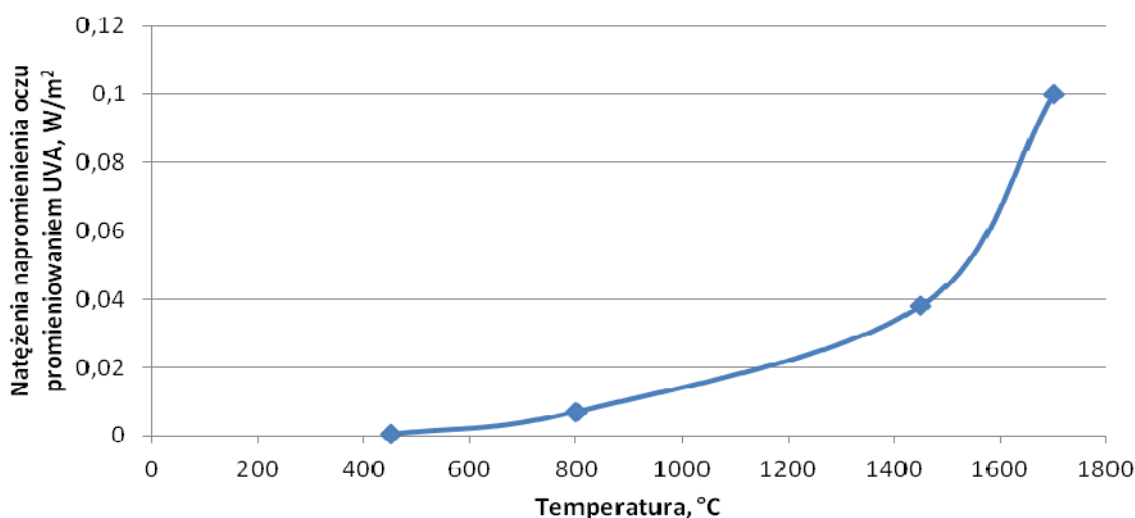
Rys. 4. Maksymalne dopuszczalne natężenia napromienienia skóry w zależności od czasu jednorazowej ekspozycji

Spośród badanych stanowisk pracy tylko w kilku przypadkach występowało zagrożenie termiczne skóry na stanowiskach pracy w hucie stali (przy czynności skręcania elektrody – piec EAF, temperatura 1620°C) czy dodawania żelazostopów w piecokadzi (temperatura 1700°C), gdzie pracownik znajdował się blisko źródła o wysokiej temperaturze.

3.4. Zagrożenie fotochemiczne soczewki oka

Jak przedstawiono we wstępie, termiczne źródła promieniowania mogą emitować pewne ilości bliskiego nadfioletu. Im wyższa temperatura, tym można się spodziewać, że będzie więcej emitowanego tego promieniowania. Badania na „gorących” stanowiskach pracy, gdzie źródła promieniowania miały temperaturę od 250°C do 1700°C wskazują, że jakkolwiek promieniowanie UVA tam występuje, to mierzone poziomy stanowią o pomijalnie małym zagrożeniu fotochemicznym soczewki.

Mierzone wartości promieniowania UVA nie przekraczały 0,1 W/m², co przy maksymalnym całkowitym czasie ekspozycji w ciągu zmiany roboczej wynoszącym 8 godzin daje napromienienie wynoszące 2880 J/m², czyli jest dużo mniejsze od wartości MDE równej 10 000 J/m². Stwierdzono również zależność mierzonego natężenia napromienienia promieniowaniem UVA od temperatury źródła, co przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Wyznaczone z pomiarów wartości natężenia napromienienia oczu promieniowaniem UVA w zależności od temperatury źródła promieniowania

4. WNIOSKI

Przedstawione w artykule zidentyfikowane problemy przy wykonywaniu pomiarów parametrów promieniowania optycznego na „gorących” stanowiskach pracy oraz analiza wyników oceny poszczególnych zagrożeń wskazują, że:

- ocena powinna obejmować przede wszystkim zagrożenie termiczne rogówki i soczewki oka oraz termiczne skóry (gdy czas jednorazowej ekspozycji jest poniżej 10 s);
- pomimo, że ryzyko zagrożenia termicznego siatkówki oka było pomijalnie małe, ocena taka powinna być wykonywana na tych stanowiskach pracy; z uwagi na zbyt małą liczbę przebadanych stanowisk pracy (np. brak pomiarów przy piecu indukcyjnym), zwłaszcza tych, gdzie występują małe źródła promieniowania, nie można jeszcze wnioskować, czy zagrożenie takie w ogóle nie występuje;
- można pominąć wykonywanie oceny zagrożenia fotochemicznego siatkówki i soczewki oka, chyba, że występują dodatkowe przesłanki do wykonania takich pomiarów;
- w sytuacji, gdy proces technologiczny trwa krótko, w ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka można pominąć skuteczną luminancję energetyczną z zakresu widzialnego, gdyż jej wartości wyznaczone z pomiarów były pomijalnie małe (ok. 0,1%) w stosunku do wartości z zakresu IRA i nie wpływały na poziom ekspozycji.

Praktyka pomiarowa wskazuje, że w przypadku, gdy jest ograniczony czas na wykonywanie pomiarów, najpierw należy wykonać pomiary natężenia napromienienia rogówki i soczewki oka promieniowaniem podczerwonym. Ze względu na konieczność trzymania w rękach aparatury pomiarowej podczas pomiarów, badania powinny wykonywać dwie osoby tak, aby jedna mogła mierzyć, a druga zapisywać wyniki. Pomiary geometryczno-przestrzenne można często wykonywać po skończonym procesie technologicznym, a niezbędne informacje dotyczące np. wymiarów okien wsadowych czy kadzi uzyskać od pracowników służb BHP. W przypadku, gdy w miejscu wykonywania czynności pracy nie jest możliwe wykonanie pomiaru ze względu na niebezpieczeństwo dla osób wykonujących pomiary lub ryzyko uszkodzenia aparatury pomiarowej, lub wartości poziomów promieniowania są poza zakresem pomiarowym aparatury, zaleca się wykonać pomiary w najbliższym możliwym miejscu położonym dalej od źródła. Jeśli takiego miejsca nie można wyznaczyć, należy odstąpić od wykonania pomiarów przy danej czynności pracy.

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

Podziękowania

Autorka dziękuje mgr. inż. Andrzejowi Pawlakowi za współudział przy wykonywaniu badań oceny zagrożenia promieniowaniem optycznym na omawianych w artykule stanowiskach pracy.

LITERATURA

1. Dyrektywa 2006/25/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym) Dz.U. UE L114/38 z 27.04.2006.
2. PN-T-06589: 2002 Ochrona przed promieniowaniem optycznym – Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy.
3. PN-T-05687: 2002. Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy.
4. 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.
5. 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.
6. 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. z 2010 r. nr 141 poz. 950).
7. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie BHP przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne z dnia 27 maja 2010 r. (Dz. U z 2010 r. nr 100 poz. 643).

Rękopis dostarczono dnia 13.04.2012 r.

OPTICAL RADIATION HAZARD
EVALUATION ON "HOT" WORKPLACES
IN INDUSTRY – CHOSEN PROBLEMS

Agnieszka WOLSKA

ABSTRACT *The article presents main problems related to measurements of optical radiation on "hot" workplaces, which are needed for hazard evaluation. On the base of results of measurements and hazard evaluation on workplaces in different foundries (steel, glass, aluminum, cast iron processing) the real occupational hazard was presented. The thermal hazard of cornea and lens was the most often stated on these workplaces. From the other hand the thermal and photochemical hazard of retina and photochemical hazard of lens arising from UVA was not stated at all. The range of hazard evaluation on these workplace and some guidelines on measurements manner were proposed.*

Keywords: *Optical radiation, technological temperature sources of radiation, evaluation of skin an eye hazard, "hot" workplaces*

Dr inż. Agnieszka WOLSKA jest kierownikiem Pracowni Promieniowania Optycznego w CIOP-PIB. Jest doświadczonym ekspertem w zakresie oświetlenia, ergonomii widzenia i promieniowania optycznego. Prowadzi prace badawcze z zakresu wpływu różnych parametrów oświetlenia na zmęczenie wzroku i wydajność pracy, określania własności użytkowych systemów sterowania oświetleniem oraz opracowania metod pomiaru i oceny ryzyka zawodowego związanego z oświetleniem i promieniowaniem optycznym (laserowym i nielaserowym). Wykonuje ekspertyzy oświetlenia oraz badania oceny ryzyka zawodowego związanego z promieniowaniem optycznym. Jest certyfikowanym wykładowcą bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie: oświetlenia, ergonomii i promieniowania optycznego. Ponadto jest autorem lub współautorem wielu referatów, artykułów, monografii i poradników.

