

poliuretanowej, przez 24 godziny z prędkością 0,65 – 0,75 m³/min. W próbkach pobranych w tunelu, zidentyfikowano 9-nitroantracen i 1-nitropiren oraz w fazie gazowej 1- i 2-nitronaftaleny. Natomiast w powietrzu atmosferycznym w tych dwóch miastach stwierdzono występowanie 1- i 2-nitronaftalenów, 9-nitroantracenu, 1-nitropirenu, 2-nitrofluorantenu oraz 7-nitrobenzo[a]antracenu. Nitronaftaleny oznaczono w fazie gazowej, natomiast 9-nitroantracen występował w dwu fazach – gazowej i zaadsorbowany na cząstkach stałych. Pozostałe nitrowe pochodne WWA były oznaczone na cząstkach stałych pyłu. Stężenie np. 1-nitropirenu w tunelu było w zakresie 0,44 ÷ 0,69 ng/m³, natomiast w powietrzu atmosferycznym dwóch badanych miast stężenia były porównywalne, w zakresie 0,019 ÷ 0,204 ng/m³ oraz 0,035 ÷ 0,387 ng/m³.

MacGrehan i współautorzy [8] badali nitro-WWA w powietrzu atmosferycznym oraz w spalinach silnika Diesla stosując wysoko sprawną chromatografię ciecząową z dwoma różnymi detektorami: elektrochemicznym i fluoroscencyjnym. Wykorzystanie zjawiska fluorescencji było możliwe dzięki zastosowaniu kolumny redukcyjnej, która przekształcała nitro-WWA do ich aminopochodnych. Otrzymane amino-WWA wykazują silną fluorescencję, co umożliwiło zastosowanie do ich oznaczania detektora fluorescencyjnego. 1-Nitropiren był oznaczony we wzorcu cząstek stałych spalin Diesla oraz w próbkach powietrza atmosferycznego na obydwóch detektorach – elektrochemicznym na poziomie stężeń 60 ng/ml, oraz fluorescencyjnym – 10 ng/ml. Na cząstkach stałych oznaczono również 2-nitrofluoren, 9-nitroantracen, 7-nitrobenzo[a]antracen oraz 6-nitrobenzo[a]piren. Najlepszą oznaczalność tych związków uzyskiwano również na detektorze fluorescencyjnym.

W kraju została wykonana jedna praca badawcza, która dotyczyła identyfikacji i ilościowego oznaczania nitro-WWA w powietrzu atmosferycznym Górnego Śląska [9]. Autor zastosował w tej pracy chromatografię kolumnową na kwasie krzemowym do wyodrębnienia nitro-WWA, a następnie przekształcenie w pentafluoropropylamidy, co umożliwiło oddzielenie tych związków od WWA. Do ich identyfikacji autor zastosował chromatografię gazową (GC) z detektorem masowym (MSD), natomiast do ilościowego oznaczania chromatografię gazową

z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID). W badanych próbkach zidentyfikowano i oznaczono 2-nitrofluoren, 1-nitropiren oraz 3-nitrofluoranten. Stężenia tych związków były w zakresie 0,032 ÷ 0,35 ng/m³.

Ze względu na działanie rakotwórcze i mutagenne nitro-WWA konieczne jest wyjaśnienie zagadnienia narażenia zawodowego na te związki. Przypuszcza się, że substancje te występują w środowisku pracy wszędzie tam, gdzie eksploatowane są maszyny i inne urządzenia z silnikami spalinowymi, głównie Diesla.

Badania będą prowadzone w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym w ramach pracy badawczej pt.: *Identyfikacja i oznaczanie wielopierścieniowych węglodorów aromatycznych i ich nitropochodnych w procesach termo- i fotodestrukcji produktów ropopochodnych*.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Atkinson R., Arey J. *Atmospheric chemistry of gas-phase polycyclic aromatic hydrocarbons: formation of atmospheric mutagen*. Environ. Health Perspect. 102 (4), 1994, s. 117 – 126
- [2] Helmig D., Atkinson R., Arey J., Harger W. P. *Formation of mutagenic nitrobenzopyranones and their occurrence in ambient air*. Atmospheric Environment. 26A, 1992, s. 1735 – 1745
- [3] Arey J., Atkinson R., Zielinska B., Aschmann S. *Nitroarene products from gas-phase reactions of volatile polycyclic aromatic hydrocarbons with the OH and N₂O₃*. Inter J Chemical Kinetics. 21, 1989, s. 775 – 799
- [4] Yaffe D., Cohen Y., Arey J., Atkinson R., Grososky A. J. *Multimedia analysis of PAHs and Nitro-PAH daughter products in the Los Angeles Basin*. http://polysepp.ucla.edu/Publications/Papers_PDF/pah2000_final.pdf, 2000
- [5] *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some nitroarenes*. IARC International Agency for Research on Cancer 46, Lyon 1989, s. 1 – 458
- [6] *Tenth Report on Carcinogens*. Environmental Health Perspectives (EHP) Online, <http://ehp.niehs.nih.gov>
- [7] Dimashki M., Harrad S., Harrison R. M. *Measurements of nitro-PAH in the atmospheres of two cities*. Atmospheric Environment 34, 2000, s. 2459 – 2469
- [8] MacGrehan W.A., May W.E., Yang S.D., Benner B.A. Jr. *Determination of Nitro Polinuclear Aromatic Hydrocarbons in air and Diesel particulate matter using liquid chromatography with electrochemical and fluorescence detection*. Anal. Chem. 60, 1988, s. 194 – 199
- [9] Warzecha L.: *Nitroarenes in airborne particulate organic extract collected from Upper Silesia – Identification and quantitative analysis*. Chem. Anat. 38, 1993, s. 303 – 313

W rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [1] zostały zawarte nowe kryteria oceny zagrożenia nielaserowym promieniowaniem optycznym w środowisku pracy. Wejdą one w życie **19 czerwca 2003 r.** Bezpośrednią konsekwencją tego faktu będzie obowiązek dokonywania oceny zagrożenia tym promieniowaniem według tych kryteriów. Prezentowany artykuł ma na celu przedstawienie różnic między obecnymi a nowymi kryteriami oraz wyjaśnienie niektórych kwestii, które mogą wynikać na tle interpretacji nowych kryteriów.

Promieniowanie optyczne, obejmujące promieniowanie nadfioletowe (UV), widzialne (VIS) oraz podczerwone (IR) jest zarówno naturalnym składnikiem promieniowania słonecznego jak i wytwarzane jest sztucznie w celu wykorzystywania go w procesach technologicznych, medycynie czy kosmetyce. Jest ono również produktem ubocznym działalności zawodowej człowieka. Zwykle obszar promieniowania nadfioletowego i podczerwonego dzieli się na pasma A (bliskie), B (średnie) i C (dalekie). Zgodnie z Polską Normą PN-64/E-01005 [2] pasma te w przypadku nadfioletu obejmują następujące długości fal:

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

a w przypadku podczerwieni:

IRA: 780 ÷ 1400 nm
IRB: 1400 ÷ 3000 nm
IRC: 3000 ÷ 1 mm.

Najczęściej przyjmuje się, że zakres promieniowania widzialnego zawiera się w przedziale 400 ÷ 780 nm i nie jest on już dzielony na podzakresy.

Promieniowanie optyczne jest ważnym czynnikiem środowiska o dużej aktywności biologicznej, niezbędnym do

dr inż. AGNIESZKA WOLSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Nowe kryteria oceny zagrożenia nielaserowym promieniowaniem optycznym

prawidłowego rozwoju i działalności człowieka. Jednak jego nadmiar powoduje wiele niekorzystnych skutków biologicznych, prowadząc do uszkodzenia oczu lub skóry. Skutki narażenia na promieniowanie zależą od parametrów fizycznych promieniowania, wielkości pochłoniętej dawki oraz właściwości optycznych i biologicznych ekspozycyjnej tkanki. W przypadku ekspozycji na nadmierne promieniowanie nadfioletowe i podczerwone może dochodzić do uszkodzenia oczu i skóry, natomiast promieniowanie widzialne może jedynie powodować zagrożenie oczu.

Obowiązujące w Polsce jeszcze do 18 czerwca 2003 r. wartości NDN promieniowania optycznego [3] odnoszą się jedynie do promieniowania nadfioletowego oraz podczerwonego. Nie ma natomiast kryteriów oceny zagrożenia człowieka promieniowaniem widzialnym. Dotychczasowe normatywy higieniczne w zakresie ochrony przed promieniowaniem optycznym [3] różnią się od obowiązujących w krajach Unii Europejskiej i USA. Rozbieżności polegają głównie na:

- braku w Polsce obowiązujących kryteriów oceny zagrożenia oczu promieniowaniem widzialnym
- odmiennej ocenie zagrożenia promieniowaniem podczerwonym (wielkości mierzone, wartości NDN)
- odmiennej ocenie zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym (inne rozkłady widmowe skuteczności biologicznej promieniowania nadfioletowego stosowane w ocenie zagrożenia oczu i skóry).

Utrudnia to, a niekiedy nawet uniemożliwia porównanie zagrożeń występujących na analogicznych stanowiskach pracy w Polsce i w innych państwach. Dlatego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy opracowano propozycje nowych kryteriów oceny zagrożenia promieniowaniem optycznym, które zostały przyjęte przez Międzyresortową Komisję ds. NDS i NDN oraz ustanowione wspomnianym

na wstępie rozporządzeniem ministra pracy i polityki społecznej [1]. Kryteria te są zgodne ze stosowanymi w krajach Unii Europejskiej, a w szczególności z aktualnymi wytycznymi Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym – ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) [4].

Pojęcia stosowane przy ocenie zagrożenia promieniowaniem optycznym

Definicje takich podstawowych parametrów opisujących promieniowanie optyczne, jak: natężenie napromienienia, napromienienie oraz luminancja energetyczna zawarte są w normie [2]. Norma ta nie zawiera jednak definicji pojęć stosowanych przy ocenie zagrożenia zdrowia człowieka promieniowaniem optycznym [5], do których zalicza się:

- skuteczne natężenie napromienienia
- całkowite natężenie napromienienia (natężenie napromienienia nieselektywne)
- skuteczne napromienienie
- całkowite napromienienie (napromienienie nieselektywne)
- skuteczna luminancja energetyczna
- skuteczna luminancja energetyczna zintegrowana
- całkowity czas ekspozycji na promieniowanie

Opracowując uproszczone, ogólne definicje tych pojęć przyjęto, że:

- po wstawieniu we wzorach w miejsce symboli λ_1 i λ_2 , odpowiednich wartości liczbowych długości fal otrzymujemy żądany zakres promieniowania optycznego, np. promieniowania nadfioletowego i wówczas określamy np. natężenie napromienienia promieniowania nadfioletowego

- po wstawieniu we wzorach wybranej względnej skuteczności widmowej promieniowania w miejsce symbolu X_λ – przyjętej dla danego zakresu promienio-

Praca wykonana w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” (Część B) dofinansowanego przez Ministerstwo Gospodarki Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

wania optycznego i określającą skuteczność biologiczną jego oddziaływania, np. B_λ , otrzymujemy odpowiednio ocenę zagrożenia fotochemicznego siatkówki oka promieniowaniem widzialnym. Wartości względnej skuteczności widmowej, określające wybrane skuteczności biologiczne, podane są w odnośnych normach [6 ÷ 10].

Skuteczne natężenie napromienienia (E_s) – jest to natężenie napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 , ważone według określonego rozkładu widmowego skuteczności biologicznej promieniowania, określone wzorem:

$$E_s = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda \cdot X_\lambda \Delta\lambda \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\text{]}$$

gdzie:

E_λ – natężenie napromienienia promieniowania o długości fali λ

X_λ – względna skuteczność widmowa promieniowania

$\Delta\lambda$ – przedział długości fal promieniowania, dla którego przyjmujemy daną wartość E_λ (przy pomiarze spektrometrycznym odpowiadający częstotliwości próbkowania, np. pomiar E_λ wykonywany co 5, 10 czy 50 nm).

Całkowite natężenie napromienienia (E_c) – lub inaczej natężenie napromienienia nieselektywne jest to natężenie napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 określone wzorem:

$$E_c = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\text{]}$$

Całkowite napromienienie (N_c) lub inaczej – napromienienie nieselektywne (wyrażane w $J \cdot m^{-2}$) jest to napromienienie promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 równe iloczynowi całkowitego natężenia napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 (E_c) oraz całkowitego czasu ekspozycji na promieniowanie (t).

Skuteczne napromienienie (N_s) (wyrażane w $J \cdot m^{-2}$) jest to napromienienie promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 ważone według określonego rozkładu widmowego skuteczności biologicznej promieniowania, równe iloczynowi skutecznego natężenia napromienienia promieniowaniem z zakresu długości fal od λ_1 do λ_2 (E_s) oraz całkowitego czasu ekspozycji na promieniowanie (t).

Skuteczna luminancja energetyczna źródła (L_s) – jest to luminancja energetyczna źródła emitującego promieniowanie w zakresie długości fal od λ_1 do λ_2 ważona według określonego rozkładu widmowego skuteczności biologicznej promieniowania, określona wzorem [5]:

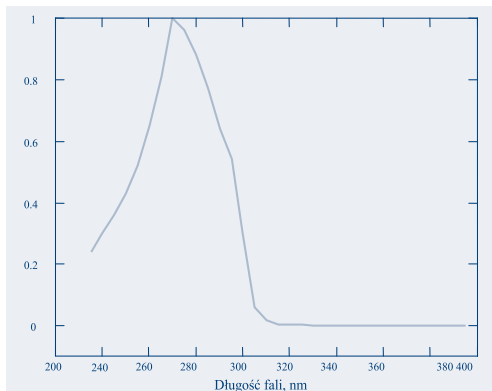
$$L_s = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \cdot X_\lambda \cdot \Delta\lambda \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}\text{]}$$

gdzie:

L_λ – luminancja energetyczna promieniowania o długości fali λ .

Skuteczna luminancja energetyczna zintegrowana (L_{zint}) (wyrażana w $J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$) jest to iloczyn skutecznej luminancji energetycznej i całkowitego czasu ekspozycji na promieniowanie optyczne.

Całkowity czas ekspozycji na promieniowanie (t) (wyrażany w s) – łączny



Rys. 1. Krzywa widmowa skuteczności biologicznej nadfioletu S_λ [4]

czas narażenia oka lub skóry na promieniowanie optyczne podczas wykonywania określonych czynności, w ciągu całej zmiany roboczej.

Wielkości te mierzy się lub wyznacza zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny (dla wybranego zakresu promieniowania optycznego, odpowiedniego rozkładu widmowego skuteczności biologicznej, czasu ekspozycji czy wielkości źródła promieniowania), stosując odpowiednie metody pomiarów oraz dostosowaną do tych celów aparaturę badawczą. Metody pomiaru i wyznaczania wartości tych wielkości określają odpowiednie normy [6 ÷ 10], które są opracowywane równoległe z przyjmowanymi NDN. W przypadku nowych NDN promieniowania optycznego metody pomiarów określają dwie nowe normy [9, 10].

Nowe kryteria oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym

Promieniowanie nadfioletowe

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

Nowe kryteria oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym są następujące [1, 5]:

- najwyższe dopuszczalne napromienienie skuteczne N_s promieniowaniem nadfioletowym **oka i skóry** w ciągu zmiany roboczej wynosi $30 J/m^2$, i powinno być wyznaczone według krzywej skuteczności S_λ w zakresie $180 \div 400$ nm (rys. 1.).

- w celu **niedopuszczenia do powstania zaćmy UV**, dodatkowo ograniczono całkowite napromienienie N_c oczu promieniowaniem pasma $315 \div 400$ nm do wartości $10\,000 J/m^2$ w ciągu zmiany roboczej.

Nowe kryteria oceny zagrożenia oczu i skóry promieniowaniem nadfioletowym różnią się od obecnie obowiązujących kryteriów głównie tym, że stosuje się inne rozkłady widmowe skuteczności biologicznej. Dwie krzywe skuteczności biologicznej nadfioletu: erytemalną (stosowaną dotychczas przy ocenie zagrożenia skóry) i koniunktywalną (stosowaną dotychczas przy ocenie zagrożenia oczu) zastąpi jedna krzywa skuteczności biologicznej do oceny za-

grożenia oczu i skóry. Aby jednak uwzględnić szkodliwe działanie UV-A na oczy (powstawanie zaćmy), dodatkowo będzie się określać całkowite napromienienie promieniowaniem zakresu UV-A (w odniesieniu do źródeł, które emitują takie promieniowanie). Należy się spodziewać, że w wielu przypadkach nowe kryteria oceny przy tak ustalonych wartościach NDN będą „łagodniejsze” od obecnych i może się tak zdarzyć, że w świetle obowiązujących kryteriów występuje przekroczenie NDN, natomiast przy ocenie według nowych kryteriów takiego przekroczenia nie będzie.

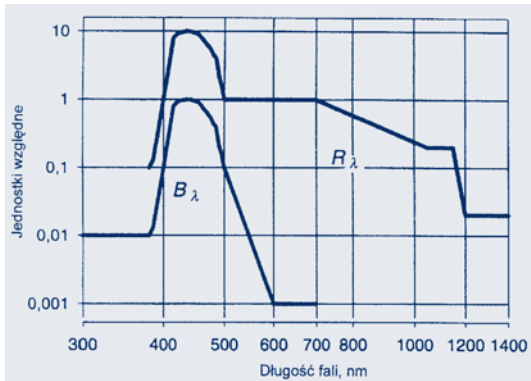
Promieniowanie widzialne

Promieniowanie widzialne ocenia się wyłącznie z punktu widzenia jego szkodliwości dla oczu. Intensywne promieniowanie widzialne (zwłaszcza światło niebieskie z zakresu $425 \div 455$ nm) może powodować termiczne lub fotochemiczne uszkodzenia i schorzenia siatkówki oka. **Przyjmuje się, że w wyniku ekspozycji krótszej od 10 s powstają głównie uszkodzenia termiczne, natomiast czas dłuższy powoduje uszkodzenia fotochemiczne.**

Ocenę zagrożenia fotochemicznego siatkówki dokonuje się w odniesieniu do promieniowania pasma $300 \div 700$ nm. W przypadku źródeł promieniowania o dużej wielkości kątowej, czyli większych od 11 mrad, obraz źródła na siatkówce oka jest również duży. Wówczas ocenę zagrożenia wykonuje się na podstawie wyznaczenia wartości skutecznej luminancji energetycznej (L_s) lub luminancji energetycznej zintegrowanej (L_{zint}), zależnie od całkowitego czasu ekspozycji (t) – łącznego czasu ekspozycji w odniesieniu do dobowego wymiaru czasu pracy, bez względu na długość jego trwania. Jeśli całkowity czas ekspozycji przekracza $10\,000$ s, kryterium oceny stanowi skuteczna luminancja energetyczna źródła, a gdy czas jest krótszy – luminancja energetyczna zintegrowana.

W przypadku źródeł o małych rozmiarach kątowych, czyli mniejszych niż 11 mrad, zagrożenie ocenia się na podstawie pomiarów skutecznego napromienienia (N_s) lub skutecznego natężenia napromienienia (E_s), zależnie od całkowitego czasu ekspozycji (t). Jeśli czas ekspozycji przekracza $10\,000$ s, ocenianą wielkością jest skuteczne napromienienie, a gdy czas jest krótszy – natężenie napromienienia.

Wartości stanowiące kryterium oceny zagrożenia fotochemicznego siatkówki



Rys. 2. Względna skuteczność widmowa zagrożenia termicznego (R_λ) i fotochemicznego (B_λ) siatkówki (wg ICNIRP i noych NDN)

DOPUSZCZALNE WARTOŚCI NARAŻENIA SIATKÓWKI OKA NA PROMIENIOWANIE WIDZIALNE [1, 4]

Rodzaj zagrożenia siatkówki	Czas ekspozycji	Wymiar kątowy źródła α [mrad]	Oceniana wielkość	Najwyższe dopuszczalne natężenie ocenianej wielkości
Fotochemiczne	$t \leq 10\,000$ s	$\alpha \geq 11$	$L_{zint} = \sum_{i=1}^n \sum_{\lambda=300}^{700} L_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot t_i$	$100 \text{ J cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	$t > 10\,000$ s		$L_s = \sum_{\lambda=300}^{700} L_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$0,01 \text{ W cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	$t \leq 10\,000$ s	$\alpha < 11$	$N_s = \sum_{i=1}^n \sum_{\lambda=300}^{700} E_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda \cdot t_i$	$0,01 \text{ J cm}^{-2}$
	$t > 10\,000$ s		$E_s = \sum_{\lambda=300}^{700} E_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$1 \mu\text{W cm}^{-2}$
Termiczne	$10 \mu\text{s} \leq t_i \leq 10$ s	$1,7 + 100^*$	$L_s = \sum_{\lambda=380}^{1400} L_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \Delta\lambda$	$\frac{5}{\alpha \cdot t_i^{1/4}} \text{ W cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

* W przypadku, gdy wymiar kątowy źródła przekracza 100 mrad, należy przyjąć taką wartość, jak dla kąta 100 mrad

określa widmowa skuteczność uszkodzenia fotochemicznego siatkówki – krzywa B_λ na rys. 2. Wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń ocenianych wielkości, w zależności od wymienionych przypadków, przedstawia tabela.

Ocenę zagrożenie termicznego siatkówki dokonuje się w odniesieniu do źródeł o luminancji świetlnej większej niż $10\,000 \text{ cd/m}^2$ oraz w odniesieniu do czasów jednorazowej ekspozycji poniżej 10 s. Kryterium oceny zagrożenia stanowi wówczas skuteczna luminancja energetyczna źródła (L_s) w zakresie $380 \div 1400 \text{ nm}$ (czyli jest to ocena zagrożenia promieniowaniem widzialnym oraz bliską podczerwienią łącznie).

Przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki stosuje się widmową skuteczność uszkodzenia termicznego siatkówki – krzywa R_λ na rysunku 2.

W wyniku sumowania się skutków całodziennego narażenia, w praktyce najczęściej dochodzi do uszkodzenia fotochemicznego siatkówki. Natomiast termiczne uszkodzenie siatkówki źródłami przemysłowymi praktycznie nie zdarza się z powodu naturalnego odruchu obronnego oka przed źródłami światła o dużej jaskrawości [5].

Promieniowanie podczerwone

Promieniowanie podczerwone może wywoływać w tkance biologicznej tylko reakcje termiczne, objawiające się wzrostem temperatury narażonej tkanki i tkank sąsiednich. Po przekroczeniu pewnego, określonego poziomu natężenia, promieniowanie to stwarza zagrożenie zdro-

wia, prowadząc do objawów oparzeniowych skóry i chorób oczu (np. zaćma, degeneracja naczyniówki i siatkówki).

Jako kryterium zagrożenia promieniowaniem podczerwonym przyjmuje się niedopuszczenie do powstania uszkodzenia termicznego: rogówki, soczewki i siatkówki oka oraz skóry [1, 4, 5].

Ocenę zagrożenia termicznego siatkówki źródłami promieniującymi w zakresie długości fal $380 \div 1400 \text{ nm}$, gdy czas jednorazowej ekspozycji nie przekracza 10 s, należy wykonywać w taki sam sposób, jak w przypadku zagrożenia termicznego siatkówki promieniowaniem widzialnym. Natomiast gdy czas jednorazowej ekspozycji jest dłuższy niż 10 s, ocenę zagrożenia termicznego siatkówki dokonuje się na podstawie wyznaczonej skutecznej luminancji energetycznej (L_s), która nie powinna przekraczać wartości określonej zależnością [1, 4, 5]:

$$L_s = \sum_{\lambda=380}^{1400} L_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \Delta\lambda \leq 0,6 / \alpha$$

gdzie:

α – wielkość kątowna źródła promieniowania, która może przyjmować wartości z przedziału $11 \div 100 \text{ mrad}$

R_λ – względna skuteczność widmowa termicznych uszkodzeń siatkówki.

Ocenę zagrożenia termicznego rogówki i soczewki należy dokonywać [1, 4, 5]:

- w odniesieniu do całego zakresu podczerwieni, gdy czas jednorazowej ekspozycji $t_i < 1000$ s; wówczas całkowite natężenie napromienienia E_c nie powinno przekraczać wartości określonej równaniem:

$$E_c \leq 18\,000 t_i^{-3/4}$$

- w odniesieniu do zakresu $780 \div 3000 \text{ nm}$, gdy czas jednorazowej ekspozycji $t_i \geq 1000$ s; wówczas całkowite natężenie napromienienia E_c , nie powinno przekraczać 100 Wm^{-2} .

Ocenę obciążenia termicznego skóry należy dokonywać w odniesieniu do całego zakresu podczerwieni w przypadku gdy czas jednorazowej ekspozycji $t_i \leq 10$ s. Wówczas całkowite napromienienie skóry N_c nie powinno przekraczać wartości określonej równaniem [1, 4, 5]:

$$N_c \leq 20\,000 \cdot t_i^{1/4}$$

Jeśli czas jednorazowej ekspozycji przekracza 10 s, należy stosować wskaźnik obciążenia termicznego WBGT [11].

Nowe kryteria oceny zagrożenia promieniowaniem podczerwonym znacząco różnią się od obecnych kryteriów. Dotychczasowe NDN uwzględniają czas jednorazowej ekspozycji poniżej lub powyżej 60 s i w zależności od tego określają średnie lub chwilowe najwyższe dopuszczalne natężenie napromienienia osobno dla oczu i skóry. Nie uwzględniają żadnych skutków biologicznych oddziaływania podczerwieni na organizm człowieka, zakładając że działanie podczerwieni w całym jej zakresie jest takie samo. Podobnie jak w przypadku nadfioletu, wyniki oceny zagrożenia promieniowaniem podczerwonym według nowych kryteriów mogą znacząco się różnić od oceny zagrożenia zgodnie z dotychczasowymi NDN.

* * *

Nowe zasady oceny higienicznej nie-laserowego promieniowania optycznego dostosowano do wymagań obowiązujących w krajach Unii Europejskiej i USA,

co umożliwi prowadzenie jednolitej oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem optycznym. Wprowadzenie nowych NDN spowoduje konieczność dokonywania oceny zagrożenia promieniowaniem optycznym na stanowiskach pracy zgodnie z nowymi kryteriami, co wiąże się z wykonaniem pomiarów przystosowaną do tego celu aparaturą oraz zgodnie z przyjętą metodą badań [9, 10].

Na szczególnie podkreślenie zasługuje fakt, że **nowe NDN odnoszące się do promieniowania widzialnego nie świadczą o tym, że oświetlenie jest czynnikiem szkodliwym dla zdrowia.** Oświetlenie jest wykorzystywaniem światła, czyli promieniowania widzialnego w celu postrzegania otaczającego nas świata. Tak więc takie parametry oświetlenia, jak natężenie i równomierność czy luminancja są wielkościami fotometrycznymi, czyli wielkościami ocenianymi wg skuteczności świetlnej widmowej względnej [2] – tzw. czułości oka ludzkiego w rozpoznawaniu poszczególnych długości fal promieniowania widzialnego. Określa się je np. na płaszczyźnie roboczej lub na innych powierzchniach oświetlonego pomieszczenia, a ich wartości są odzwierciedleniem warunków widzenia jakie zapewnia dane oświetlenie. Zmierzane wartości tych parametrów umożliwiają ocenę oświetlenia z punktu widzenia charakteru wykonywanych czynności i stopnia trudności wzrokowej danego zadania. **Wartości parametrów oświetlenia w żaden sposób nie odnoszą się do zagrożenia oczu pracowników promieniowaniem widzialnym.**

Podobne stanowisko zajął Departament Warunków Środowiska Głównego Inspektoratu Sanitarnego, w piśmie skierowanym do państwowych wojewódzkich inspektorów sanitarnych, stwierdzając, że oświetlenie nie może być uznane za czynnik szkodliwy.

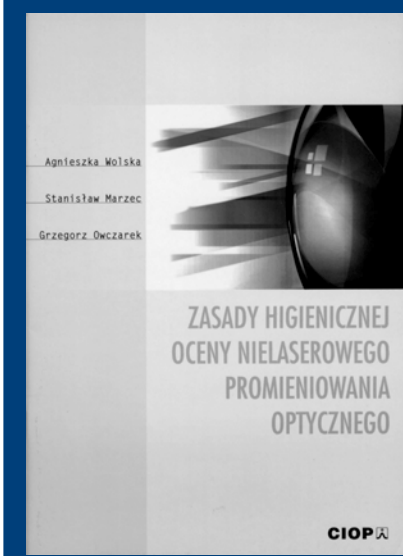
Natomiast zagrożenie oczu promieniowaniem widzialnym, które odnosi się głównie do promieniowania niebieskiego z zakresu 425 ÷ 450 nm, tzw. *blue light hazard*, rozważa się w aspekcie bezpośredniej jego emisji przez źródła emitujące silne promieniowanie z tego zakresu w kierunku oczu pracownika. Chodzi o takie czynności robocze, podczas których pracownik jest w bezpośrednim kontakcie wzrokowym ze źródłem promieniowania, które emituje silne promieniowanie z tego zakresu, jak np. jest to przy

spawaniu. Zagrożenie pracowników tym rodzajem promieniowania może również występować przy obsłudze urządzeń wykorzystujących promienniki elektryczne emitujące do celów technologicznych silne promieniowanie z tego zakresu, np. lamp do naświetlania warstw światłoczułych. **Zagrożenie promieniowaniem widzialnym określane jest przez takie parametry, jak skuteczne natężenie napromienienia, skuteczna lub zintegrowana luminancja energetyczne źródła, skuteczne napromienienie** (a więc inne parametry niż parametry oświetlenia), które odniesione są do określonych skutków biologicznych (uszkodzenie siatkówki fotochemiczne lub termiczne). Parametry te mierzone są też innymi miernikami i w inny sposób niż parametry oświetlenia.

W pomieszczeniu oświetlonym standardowymi źródłami światła takie zagrożenie nie występuje, zarówno ze względu na rozkład widmowy promieniowania tych źródeł, jak i ich dużą odległość od oczu obserwatora oraz położenie opraw oświetleniowych z dala od centralnego pola widzenia pracowników podczas wykonywania czynności roboczych. Taka potrzeba może występować jedynie przy ocenie oświetlenia oprawami miejscowymi, jeśli zastosowane w nich źródła emitują szkodliwy zakres promieniowania, a umieszczenie oprawy na stanowisku pracy powoduje stałą i bezpośrednią ekspozycję oczu pracownika na to promieniowanie.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833
- [2] PN-90/E-01005 *Technika świetlna. Terminologia*
- [3] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 17 czerwca 1998 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 79 poz. 513 (z późn. zm.)
- [4] ICNIRP *Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation* (0,38 to 3 mm). Health Physics, 1997, 77(3):539-555
- [5] Wolska A., Marzec S., Owczarek G. *Zasady higienicznej oceny nielaserowego promieniowania optycznego*, CIOP, Warszawa 2001
- [6] PN-77/T-05687 *Ochrona przed promieniowaniem podczerwonym. Metody pomiaru promieniowania na stanowiskach pracy*
- [7] PN-79/T-06588 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Promieniowanie nadfioletowe. Nazwy, określenia, jednostki*
- [8] PN-T-06589:79 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy*
- [9] PN-T-06589:2002 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania nadfioletowego na stanowiskach pracy*
- [10] PN-T-05687:2002 *Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Metody pomiaru promieniowania widzialnego i podczerwonego na stanowiskach pracy*
- [11] PN-85/N-08011 *Ergonomia. Środowiska gorące. Wyznaczanie obciążeń termicznych działających na człowieka w środowisku pracy oparte na wskaźniku WBGT*



W opracowaniu przedstawiono nowe zasady i kryteria oceny zagrożenia pracowników promieniowaniem nadfioletowym, widzialnym, podczerwonym, przykłady zagrożenia promieniowaniem optycznym oraz środki ochrony skóry i oczu.

Książka (48 str.) jest do nabycia w CIOP– PIB. Cena 10.-zł

e-mail: basuc@ciop.pl