

Stanisław MARZEC

ZAGROŻENIE PROMIENIOWANIEM OPTYCZNYM LAMP LED

STRESZCZENIE *Przedstawiono doniesienia literaturowe oraz własne wyniki badań promieniowania optycznego lamp LED, na podstawie których oceniono stwarzane przez nie zagrożenie fotobiologiczne. Oceny dokonano w oparciu o normę PN-EN 62471 „Bezpieczeństwo lamp i systemów lampowych”. Z przeprowadzonej analizy wynika, że lampy LED na ogół są bezpieczne i nie stwarzają zagrożenia zdrowia, jednak niektóre źródła, zwłaszcza o wysokiej temperaturze barwowej mogą stwarzać niskie, a nawet umiarkowane zagrożenie oka światłem niebieskim. Lampy LED powinny być zakwalifikowane przez producenta do odpowiedniej grupy bezpieczeństwa i oznakowane zgodnie z normą PN-EN 62471. Stosowanie znaku bezpieczeństwa CE w odniesieniu do lamp powinno również uwzględniać bezpieczeństwo foto-biologiczne.*

Słowa kluczowe: *światło niebieskie, luminancja energetyczna, lampy LED, ryzyko zdrowotne*

1. WSTĘP

Od kilku lat dostępne są na rynku półprzewodnikowe źródła światła LED (light emitting diode) czyli diody elektroluminescencyjne zwane popularnie ledami. Ze względu na swoje zalety, głównie energooszczędność i trwałość, są one coraz częściej stosowane do oświetlania, wypierając nie tylko żarówki, ale także świetlówki. Jednak ich światło znacznie różni się od światła innych typów źródeł. Nasuwa się pytanie, czy stosowanie takich lamp jest bezpieczne, a zwłaszcza czy emitowane przez nie promieniowanie nie stwarza ryzyka zdrowotnego. W artykule przedstawiono krajowe i zagraniczne wyniki badań zagrożenia fotobiologicznego lamp LED.

dr Stanisław MARZEC

e-mail: s.marzec@imp.sosnowiec.pl

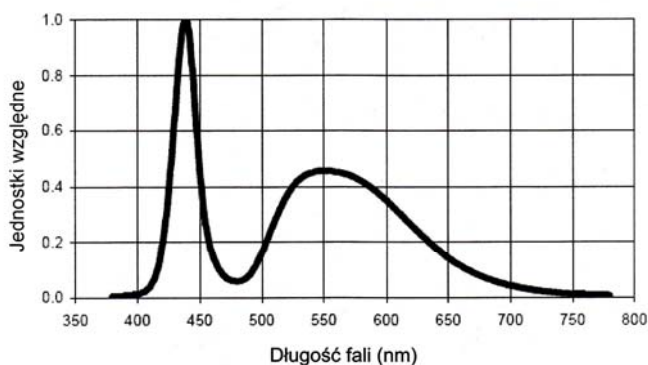
Zakład Szkodliwości Fizycznych
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
ul. Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 268, 2015

2. CHARAKTERYSTYKA PROMIENIOWANIA LAMP LED

Diody elektroluminescencyjne emitują promieniowanie w bardzo wąskim zakresie długości fal, nie przekraczającym kilkunastu nm, są więc barwnym źródłem światła. Z kolei do oświetlenia stosowane powinno być światło białe, zawierające szerokie widmo fal z zakresu widzialnego.

Najczęściej stosowaną metodą wytwarzania światła białego przy pomocy źródeł LED jest tzw. metoda hybrydowa, polegająca na wzbudzeniu luminoforu przy pomocy światła niebieskiego. Diode emitującą światło niebieskie pokrywa się luminoforem, który częściowo pochłania światło diody i przekształca je na promieniowanie o barwach zielonej i czerwonej. Mieszanka barw diody i luminoforu daje wrażenie światła białego. Widmo promieniowania typowej diody LED zawiera więc składowe niebieską, zieloną i czerwoną (rys. 1). Im większa proporcja składowej niebieskiej tym wyższa temperatura barwowa.



Rys. 1. Typowe widmo promieniowania diody LED o wysokiej temperaturze barwowej

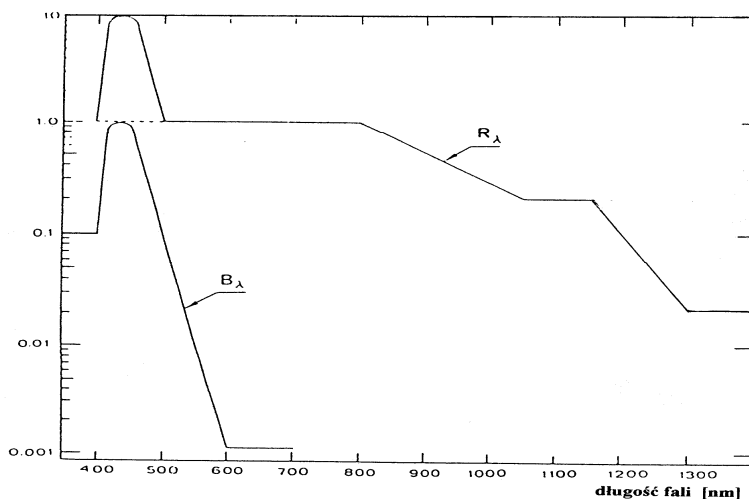
Tak skonstruowana dioda nie wytwarza promieniowania UV, jak świetlówki ani promieniowania podczerwonego jak żarówki. Jedynym potencjalnie niebezpiecznym rodzajem promieniowania optycznego takich lamp może więc być nadmierne promieniowanie widzialne.

3. ZAGROŻENIE PROMIENIOWANIEM WIDZIALNYM

Promieniowanie widzialne czyli światło może działać na skórę lub oko. Skutek ekspozycji zależy od rodzaju narażonej tkanki, jej natężenia napromienienia, długości fali promieniowania, czasu ekspozycji. Promieniowanie widzialne jest przepuszczane przez ośrodki optyczne oka, dociera do siatkówki gdzie jest skupiane, co powoduje nawet kilkaset razy większe jej natężenie napromienienia w stosunku do natężenia

napromienienia rogówki. Dlatego zagrożenie światłem rozpatruje się przede wszystkim w odniesieniu do oka, a znacznie rzadziej do skóry.

Światło może wywoływać w oku uszkodzenia natury termicznej lub fotochemicznej. Uszkodzenia termiczne przeważają gdy czas narażenia nie przekracza 10 sekund, natomiast dla dłuższych ekspozycji przeważają uszkodzenia fotochemiczne. Wynika to z faktu, że skutki fotochemiczne sumują się w przypadku powtarzania w długim okresie ekspozycji, natomiast skutki termiczne ograniczają się do jednorazowej ekspozycji.



Rys. 2. Względna skuteczność widmowa zagrożenia termicznego (R_λ) i fotochemicznego (B_λ) siatkówki [4]

Na rysunku 2 podano skuteczności widmowe zagrożenia fotochemicznego i termicznego siatkówki, według których należy oceniać zagrożenie oka promieniowaniem widzialnym, zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami [4].

Najbardziej niebezpieczne dla siatkówki jest promieniowanie z zakresu 400-500 nm, które odpowiada barwie niebieskiej, dlatego zagrożenie oczu promieniowaniem widzialnym nazywa się „zagrożeniem światłem niebieskim”.

Z doniesień literaturowych wiadomo, że uszkodzenie termiczne siatkówki promieniowaniem źródeł nielaseryowych jest mało prawdopodobne. Z tego powodu w przypadku promieniowania lamp LED zwykle ocenia się zagrożenie fotochemiczne oka światłem niebieskim.

4. KLASYFIKACJA LAMP POD WZGLĘDEM BEZPIECZEŃSTWA

Zasady klasyfikacji lamp pod względem stwarzanego przez nie zagrożenia fotobiologicznego podaje norma PN-EN 62471:2010 [4]. Wprowadza ona cztery grupy

lamp z punktu widzenia potencjalnego ryzyka zdrowotnego: grupa wolna od ryzyka (grupa 0), grupa ryzyka 1 (niskie ryzyko), grupa ryzyka 2 (umiarkowane ryzyko) oraz grupa ryzyka 3 (wysokie ryzyko). Lampy należące do grupy wolnej od ryzyka nie stwarzają żadnego zagrożenia fotobiologicznego. Oznacza to, że dopuszczalny czas ekspozycji na światło niebieskie wynosi co najmniej 10 000 s (około 2,8 godz.). Lampy niskiego ryzyka nie stwarzają zagrożenia z powodu normalnych ograniczeń ekspozycji występujących w warunkach ich używania. Są to lampy, które nie stwarzają zagrożenia światłem niebieskim dla czasu ekspozycji od 100 do 10 000 s. Lampy umiarkowanego ryzyka nie powodują zagrożenia oka z powodu awersji do bardzo jaskrawych źródeł światła lub powodujących dyskomfort termiczny. W przypadku światła niebieskiego lampy te nie stwarzają zagrożenia oka dla czasu ekspozycji od 0,25 do 100 s. Takie źródła światła nie powinny znajdować się nieosłonięte w polu widzenia i powinny być instalowane w oprawach o odpowiednim kącie ochrony. Jest to szczególnie ważne w przypadku oświetlenia miejscowego. W zasadzie źródła te nie powinny być stosowane w oprawach oświetlenia miejscowego.

Lampy, których promieniowanie przekracza granice określone dla lamp grupy 2, zalicza się do grupy 3 (wysokiego ryzyka). Lampy tej grupy stanowią zagrożenie nawet w wyniku krótkiej ekspozycji. Niedozwolone jest ich stosowanie do oświetlenia ogólnego.

W tabeli 1 podano wartości graniczne emisji światła niebieskiego dla poszczególnych grup ryzyka, które w przypadku lamp do oświetlenia ogólnego należy wyznaczać w odległości, w której natężenie oświetlenia wynosi 500 lx, lecz nie mniejszej niż 200 mm od lampy.

TABELA 1

Wartości graniczne emisji światła niebieskiego dla poszczególnych grup ryzyka lamp o działaniu ciągłym według normy PN-EN 62471 [4]

Wymiar kątowy źródła	Skuteczność widmowa	Wolne od ryzyka	Niskiego ryzyka	Umiarkowanego ryzyka	Jednostki
$\alpha \geq 11$ mrad	B_{λ}	do 100	100-10 000	10 000 - 4 000 000	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
$\alpha < 11$ mrad	B_{λ}	do 1,0	do 1,0	1,0 - 400	$W \cdot m^{-2}$

5. WYNIKI

Najpełniejsze wyniki badań zagrożenia fotobiologicznego lamp LED przedstawiła Francuska Narodowa Agencja do Spraw Bezpieczeństwa Sanitarnego Produktów Pokarmowych Środowiska oraz Pracy (ANSES) [1]. Badania wykonane zgodnie z normą EN 62471 [4] dotyczyły między innymi pojedynczych źródeł światła o temperaturze barwowej od 2600 K do 8400 K, paneli 10x10 elementowych o barwie światła chłodno-białej i ciepło-białej, a także promieniowania niebieskiej diody LED, stosowanej np. w sygnalizacji.

Stwierdzono, że ryzyko stwarzane przez diody LED spowodowane jest światłem niebieskim i zależy od barwy światła i wielkości emitowanego strumienia świetlnego (tab. 2).

Z tabeli 2 wynika, że największe ryzyko, nawet w stopniu umiarkowanym stwarzają diody chłodnobiałe, natomiast najmniejsze – diody ciepłobiałe, co najwyżej w stopniu niskim. Żadne lampy LED nie stwarzają ryzyka w stopniu wysokim.

TABELA 2

Wyniki pomiarów promieniowania lamp LED wg ANSES [1]

Rodzaj lampy	Luminancja / radiancja	Maksymalnie dopuszczalny czas ekspozycji w odległości 200 mm [s]	Grupa ryzyka
Pojedyncze źródło	[Mcd/m ²]		
-chłodnobiałe	16	bez ograniczeń	0
	32	50 – 100	2
-białe	16	bez ograniczeń	0
	32	100 – 10 000	1
-ciepłobiałe	11	bez ograniczeń	0
	22	bez ograniczeń	0
Panele 10x10 elementów	[Mcd/m ²]		
-chłodnobiałe (7000 K)	2,8	200 – 300	1
-ciepłobiałe (3000 K)	2,8	1000 – 1300	1
Dioda niebieska	21 kW m ⁻² sr ⁻¹	100 – 10 000	1
	150 kW m ⁻² sr ⁻¹	15 – 20	2
	300 kW m ⁻² sr ⁻¹	3 – 4	2

Z badań CIOP [2] wynika, że lampy LED dużej mocy (kilka W) mogą stwarzać zagrożenie oka światłem niebieskim. Z przebadanych 13 typów lamp LED jedynie jeden rodzaj nie stwarzał ryzyka, 6 typów stwarzało niskie ryzyko (grupa 1), a 6 – umiarkowane (grupa 2). Żadna lampa nie stwarzała wysokiego ryzyka. Lampy należące do grupy 2 wymagały ograniczenia ekspozycji od 10 do 94 sekund w ciągu dnia.

W IMPiZS badano zagrożenia światłem niebieskim lamp operacyjnych LED w oprawach typu marLED oraz iLED [3]. Badane lampy składały się z paneli po 10 lub 16 diod LED emitujących światło białe o temperaturze barwowej około 4800 – 5000 K, a lampy typu iLED – dodatkowo światło niebieskie. Diody zasilane były napięciem stałym 24 V, a wielkość kątowna panela przekraczała 11 mrad. Mierzono średnią skuteczną luminancję energetyczną (radiancję) lamp w kącie widzenia 11 mrad, ważoną według krzywej B_{λ} . Pomiaru wykonano dla maksymalnych wartości strumienia świetlnego lamp. Badania wykazały, że lampy stwarzają niskie ryzyko (grupa 1), wymagające ograniczenia czasu narażenia oczu na bezpośrednie promieniowanie do 15-128 minut w ciągu zmiany roboczej w zależności od rodzaju lamp.

6. PODSUMOWANIE

Przedstawiony przegląd wyników badań zagrożenia fotobiologicznego lamp LED wskazuje, że na ogół są one bezpieczne, jednak mogą również stwarzać umiarkowane ryzyko, wymagające ograniczenia czasu narażenia na bezpośrednie promieniowanie lamp nawet do kilkudziesięciu sekund w ciągu dnia. Lampy takie powinny być stosowane w odpowiednich oprawach zwłaszcza w przypadku używania lamp w oświetleniu miejscowym. Nie stwierdzono, aby lampy LED stwarzały wysokie ryzyko.

Wielkość zagrożenia zależy od barwy światła i wielkości emitowanego strumienia świetlnego. Największe zagrożenie stwarzają lampy chłodno-białe, emitujące procentowo dużo więcej światła niebieskiego niż ciepłobiałe, które są zwykle wolne od ryzyka, zwłaszcza o małym strumieniu świetlnym.

Promieniowanie źródeł światła, zalicza się do zagrożeń ujętych w zasadniczych wymaganiach bezpieczeństwa określonych w Rozporządzeniu MG [5]. Oznacza to, że producenci sprzętu oświetleniowego, w tym LED znakując swoje wyroby znakiem bezpieczeństwa CE, powinni również uwzględniać zagrożenia związane z promieniowaniem optycznym. Dlatego producenci LED powinni oceniać i klasyfikować swoje produkty do określonych grup zagrożenia fotobiologicznego, a stosowna informacja powinna być zamieszczona na etykiecie produktu. W przypadku występowania zagrożenia powinno się również określić zalecanie środki ostrożności lub wymagane działania w celu wyeliminowania lub ograniczenia zagrożeń.

LITERATURA

1. Behar-Cohen F., Martinsons C., Vie'not F., Zissis G., Barlier-Salsi A., Cesarini J.P., Enouf O., Garcia M., Picaud S., Attia D.: Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? *Progres in Retinal and Eye Research*, 30, s. 239-257, 2011.
2. Karpowicz J., Gryz K., Wolska A., Miądowicz W., Pawlak A., Zradziński P., Wolski A.: Ocena zagrożeń związanych z emisjami elektromagnetycznymi przy eksploatacji nowo wprowadzanych urządzeń oświetleniowych, CIOP, Warszawa, 2010.
3. Marzec S., Nowicka J.: Zagrożenie oka promieniowaniem optycznym lamp operacyjnych LED, Konferencja Lumen V, Bratysława, 26-28, 2012.
4. Polska Norma PN-EN-62471:2010 Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych.
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 sierpnia 2007 roku w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz. U. nr 155, poz. 1089).

Rękopis dostarczono dnia: 16.04.2014 r.

LEDs OPTICAL RADIATION HAZARD

Stanisław MARZEC

ABSTRACT *In the paper, on the basis of literature reports and own researches of the optical radiation of LEDs, the photobiological risks were estimated. The evaluation was made on the basis of standard PN-EN 62471 "Photobiological safety of lamps and lamp systems". The analysis shows that the LEDs are generally safe and do not pose health risks, but some sources, especially with a high colour temperature may cause low, and even moderate of blue-light hazard risk for the eye. LEDs should be certified by the manufacturer to the appropriate security groups and marked according to standard PN-EN 62471. The application of the CE safety mark for the lamps should also take into account the photobiological safety.*

Keywords: *blue-light, radiance, LEDs, health risk*