

mgr inż. ADAM POŚCIK
mgr inż. KRZYSZTOF ŁĘŻAK
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Odzież ostrzegawcza – wymagania i ocena materiałów

Praca wykonana w ramach programu wieloletniego (b. SPR-1) pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych

Zagrożenia związane z uderzeniem, zgnieciem lub potarciem pracownika przez przemieszczające się maszyny (suwnice, dźwigi, wózki widłowe, pojazdy samochodowe) należą do najpoważniejszych, ze względu na ciężkość następstw. W związku z bardzo dużą masą oraz energią transportowanych przedmiotów lub poruszających się maszyn, brak jest możliwości zabezpieczenia pracowników przed skutkami wypadku.

Głównym sposobem ochrony jest zapobieganie niezamierzonemu kontaktowi, przez ograniczenie czasu przebywania pracownika w strefie niebezpiecznej lub wydzielenie stref bezpiecznych oraz dróg przemieszczania się.

Drugim sposobem zwiększenia bezpieczeństwa pracowników jest poprawa ich widzialności, przez zastosowanie odzieży ostrzegawczej. Odzież o wysokich parametrach widzialności może być przeznaczona również do stosowania pozazawodowego zarówno przez dorosłych jak i dzieci. Zadaniem tego typu odzieży jest wizualne sygnalizowanie obecności jej użytkownika o każdej porze dnia oraz w ciemności przy oświetleniu światłami pojazdu, światłem latarek lub reflektorów, a także przy oświetleniu światłami ulicznymi na drogach miejskich. Ponieważ powszechnie stosowana odzież (szczególnie w okresie jesienno-zimowym) wykonywana jest najczęściej z materiałów o ciemnych barwach, charakteryzujących się małym współczynnikiem luminancji świetlnej – kierowcy szybko poruszających się pojazdów są w stanie dostrzec pieszego użytkownika drogi lub rowerzy-

stę dopiero w tzw. ostatniej chwili, na sekundę przed zdarzeniem lub nawet w momencie jego mijania. Wymusza to często wykonywanie gwałtownych manewrów, co stanowi ryzyko kolizji zarówno dla pieszego jak i kierowcy.

Wymagania stawiane odzieży ostrzegawczej określone w normach europejskich

Odzież ostrzegawcza powinna być wyposażona w taśmy wykonane z materiału odblaskowego, zapewniającego widzialność w warunkach gorszego oświetlenia, np. w nocy, a materiały tła powinny zapewniać widzialność w dzień.

Odzież ostrzegawcza do użytku zawodowego powinna być konstruowana z barwnego fluorescencyjnego materiału o wysokiej wyróżnialności. Współrzędne chromatyczności materiałów tła tej odzieży powinny mieścić się w jednym z obszarów podanych w tabeli 1., a współczynnik luminancji świetlnej nie może być mniejszy niż 0,76 w odniesieniu do materiału o barwie żółtej, 0,40 – materiału o barwie pomarańczowoczerwonej lub 0,25 w odniesieniu do materiału o barwie czerwonej [1, 2, 3].

Tabela 1
WYMAGANIA DOTYCZĄCE BARWY MATERIAŁU TŁA ODZIEŻY OSTRZEGAWCZEJ DO UŻYTKU ZAWODOWEGO [1]

Barwa	Współrzędne chromatyczności		Minimalna wartość współczynnika luminancji świetlnej β_{min}
	x	y	
fluorescencyjna żółta	0,387	0,610	0,76
	0,356	0,494	
	0,389	0,452	
	0,460	0,540	
fluorescencyjna pomarańczowoczerwona	0,610	0,390	0,40
	0,544	0,376	
	0,579	0,341	
Fluorescencyjna czerwona	0,655	0,344	0,25
	0,606	0,314	
	0,690	0,310	

Tabela 2
MINIMALNE POWIERZCHNIE MATERIAŁU WIDZIALNEGO [7]

Wzrost h, cm	Powierzchnia materiału tła, m ²	Powierzchnia materiału odblaskowego, m ²
h ≤ 104	0,14	0,06
h ≤ 121	0,18	0,07
h ≤ 140	0,24	0,08
h ≤ 158	0,32	0,09
h ≤ 178	0,36	0,09
h > 178	0,40	0,10

Tabela 3
WSPÓLRZĘDNE BARWY ODNOŚZĄCE SIĘ DO MATERIAŁÓW TŁA ODZIEŻY OSTRZEGAWCZEJ DO UŻYTKU POZAZAWODOWEGO [7]

Barwa	Współrzędne chromatyczności		Minimalny współczynnik luminancji świetlnej β_{min}
	x	y	
Fluorescencyjna zielona	0,026	0,399	0,40
	0,170	0,364	
	0,285	0,441	
	0,201	0,776	
Fluorescencyjna żółtozielona	0,201	0,776	0,50
	0,285	0,441	
	0,356	0,494	
	0,387	0,610	
Fluorescencyjna żółta	0,387	0,610	0,76
	0,356	0,494	
	0,398	0,452	
	0,460	0,540	
Fluorescencyjna żółtopomarańczowa	0,460	0,540	0,60
	0,427	0,493	
	0,494	0,426	
Fluorescencyjna pomarańczowoczerwona	0,545	0,454	0,50
	0,494	0,426	
Fluorescencyjna pomarańczowoczerwona	0,544	0,376	0,40
	0,610	0,390	
	0,579	0,341	
	0,655	0,345	
Fluorescencyjna czerwona	0,655	0,345	0,25
	0,579	0,341	
	0,606	0,314	
	0,690	0,310	
Fluorescencyjna różowa	0,655	0,345	0,40
	0,435	0,335	
	0,372	0,272	
	0,495	0,155	

Odzież ostrzegawcza do użytku pozazawodowego powinna mieć określone powierzchnie materiałów tła i materiałów odblaskowych (tabela 2.). Powierzchnia materiału tła może składać się z mniejszych powierzchni o barwach podanych w tabeli 3. Ponadto materiał tła powinien być równomiernie rozłożony wokół tułowia w taki sposób, aby jego minimalna szerokość nie była mniejsza niż 50 mm. Przerwa ciągłości tego obszaru (przeznaczona na zapięcie) nie powinna być większa niż 25 mm. W ubraniach posiadających rękawy (np. w kurtce) materiał odblaskowy powinien być zastosowany w formie dwóch pasów o szerokości co najmniej 25 mm, na zewnętrznej stronie ramienia lub wokół niego.

Przykładowe rozwiązania odzieży ostrzegawczej do użytku pozazawodowego przedstawiono na fotografii. Odzież ta przeznaczona jest dla dzieci w wieku od 8 do 11 lat. Przy jej konstrukcji uwzględniono konieczność noszenia przez dzieci tornistrów oraz toreb. Rozmieszczenie pasów odblaskowych zapewnia dobrą widzialność dziecka w światłach reflektorów samochodowych, nawet po założeniu tornistra.

Instrumentalne metody pomiaru barwy

Odczucie barwy przedmiotu zależy od zdolności absorbowania przez oko fal świetlnych o pewnej długości. Oko ludzkie wrażliwe jest na promieniowanie charakteryzujące się długością fali od 400 nm do 700 nm [4]. Wiadomo, że najlepiej postrzeganym zakresem fal dla oka jest zakres fal żółtozielonych (około 550 nm). Gdy oko jest zaadaptowane całkowicie do ciemności, zakres ten przesuwa się w stronę fal niebieskozielonych (około 500 nm).

Barwa jest jakościową cechą światła, na którą składają się dwa czynniki. Pierwszy związany jest z rodzajem barwnika, który odbija lub pochłania selektywnie światło. Drugi zależy od jakości powierzchni przedmiotu.



A

B

Fot. Przykładowe rozwiązania odzieży ostrzegawczej dla dzieci: A – kurtka wykonana z materiału odblaskowego oraz peleryna wyposażona w pasy odblaskowe; B – kurtka i kamizelka wykonane z materiałów fluorescencyjnych, wyposażone w pasy odblaskowe

Widzenie barw przez oko ludzkie jest procesem złożonym. Składa się na nie wiele czynników, a wśród nich m.in.:

- rodzaj padającego na przedmiot światła (iluminantu), charakteryzowanego przez krzywą spektralnego rozkładu energii
- rodzaj przedmiotu opisanego za pomocą krzywej remisji
- czułość receptorów zlokalizowanych w oku ludzkim.

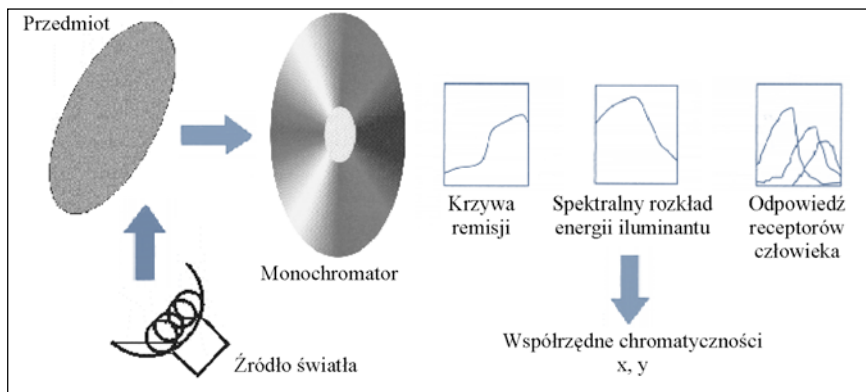
Przy pomiarze barwy reflektometry mierzą ilość światła odbitego w stosunku do ilości światła padającego na próbkę, w całym zakresie promieniowania widzialnego. Otrzymujemy w ten sposób krzywą remisji $f(\lambda) = R$, tj. zależność współczynnika odbicia R od długości fali. Krzywa ta umożliwia ilościowe scharakteryzowanie danej barwy. Zasadę działania reflektometru przedstawiono schematycznie na rysunku 1.

W krańcowym przypadku dla idealnej bieli krzywa remisji jest linią prostą równoległą do osi długości fali, przechodzącą przez 100% remisji. Z kolei dla idealnej czerni krzywa ta jest linią prostą przechodzącą przez punkt 0% remisji. Krzywa remisji jest funkcją niezależną od stosowanego źródła światła, gdyż odzwierciedla tylko relacje między ilością światła padającego a ilością światła odbitego dla każdej długości fali. Odbita od barw-

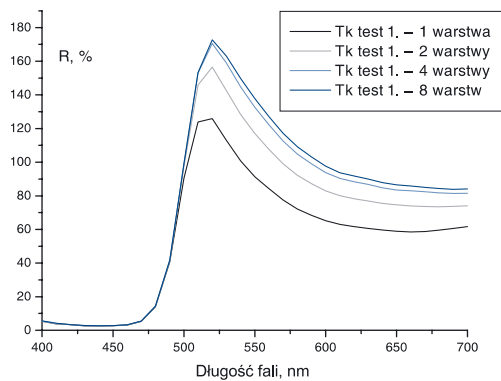
nego przedmiotu wiązka światła, zgodnie z regułami przyjętymi przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową CIE [5], może być wyrażona za pomocą składowych trójchromatycznych, oznaczonych wielkimi literami X, Y, Z. Określają one udział barw nierzeczyw-

istych potrzebnych do odtworzenia danej barwy widmowej. Współrzędne te można policzyć za pomocą równań matematycznych, mierząc remisję badanej próbki i korzystając ze stabelaryzowanych wartości liczbowych właściwych dla danego iluminantu $S(\lambda)$ oraz obserwatora standardowego $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$.

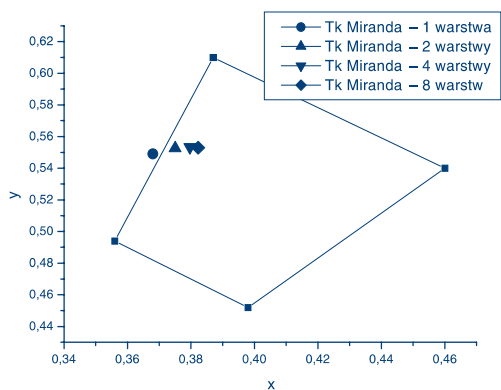
W celu łatwiejszej interpretacji odcienia, jasności i nasycenia barwy składowe trójchromatyczne przekształcono we współrzędne barwy, przedstawione w układzie współrzędnych prostokątnych za pomocą trójkąta barw. Współrzędne barwy oblicza się ze wzorów: $x = X/(X + Y + Z)$; $y = Y/(X + Y + Z)$. Wyrażają one jedynie odcień i nasycenie barwy. Trzecią wartością charakteryzującą barwę jest jasność. Określa ją współrzędna Y (składowa trójchromatyczna), zmieniająca się od 0 dla czerni do 100 dla bieli.



Rys. 1. Zasada działania reflektometru



Rys. 2. Krzywe emisji uzyskane w odniesieniu do różnej liczby warstw tkaniny – typ „test 1”



Rys. 3. Współrzędne chromatyczności obliczone w odniesieniu do różnej liczby warstw tkaniny – typ „test 1”

Tabela 4
WARTOŚCI WSPÓLRZĘDNYCH CHROMATYCZNOŚCI ORAZ WSPÓLCZYNNIKA LUMINANCJI ŚWIETLNEJ OBLICZONE W ODNIESIENIU DO RÓŻNEJ LICZBY WARSTW TKANINY – TYP „TEST 1” (Z ZASTOSOWANIEM OBSERWATORA STANDARDOWEGO 2-STOPNIOWEGO I ILUMINANTU D65)

Liczba warstw tkaniny	Współrzędne chromatyczności		Współczynnik luminancji świetlnej β_{min}
	x	y	
1	0,368	0,549	0,843
2	0,375	0,553	1,051
4	0,380	0,553	1,170
8	0,382	0,553	1,206

Współrzędne barwy mierzone różnymi aparatami mogą się nieznacznie różnić. Otrzymywane wartości współrzędnych chromatyczności zależą od:

- geometrii pomiaru reflektometru
- zastosowanego źródła światła
- parametrów analizatora optycznego (monochromatora) [6].

Najbardziej istotnym czynnikiem z punktu widzenia określania bezwzględnych współrzędnych barwy jest geometria pomiaru. Definiuje ona dokładnie kąt, pod jakim światło pada na próbkę oraz kąt odbicia wiązki, którą analizuje instrument. Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 471:1997 [3] barwa powinna być mierzona według procedur określonych w publikacji Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej CIE nr 15.2 [5], przy oświetleniu polichromatycznym iluminantem D65 i geometrią pomiaru 45/0 oraz dwustopniowym obserwatorem normalnym.

Wyniki badań materiałów

W celu weryfikacji dostępnych na rynku materiałów tła odzieży ostrzegawczej przeprowadzono badania ich parametrów fotometrycznych – współrzędnych chromatyczności oraz współczynnika odbłasku. Do wyznaczenia współrzędnych chromatyczności materiałów tła przeznaczonych na odzież ostrzegawczą zastosowano reflektometr typ Mini Scan XE. Układ optyczny reflektometru pozwala na prowadzenie badań z zastosowaniem

wiązki polichromatycznej oraz geometrii pomiaru 45/0.

Pomiary współrzędnych chromatyczności wykonano z zastosowaniem wzorców bieli oraz czerni. Jako wzorca czerni użyto materiału odniesienia o współczynniku odbicia mniejszym niż 0,04% [1]. Współczynnik odbicia wzorca czerni wyznaczono z zastosowaniem spektrofotometru Cary 5E, wyposażonego w przystawkę umożliwiającą pomiary odbicia promieniowania, o geometrii pomiaru d/8.

Eksperyment przeprowadzono na wybranych próbkach materiałów tła o barwie fluorescencyjnej żółtej oraz fluorescencyjnej pomarańczowoczerwonej, charakteryzujących się różną grubością oraz rodzajem splotów. W przypadku cienkich materiałów, o luźnych splotach zaobserwowano, że otrzymane wartości współrzędnych chromatyczności oraz współczynnika luminancji świetlnej zależą od liczby warstw mierzonej tkaniny. Na rysunku 2. zamieszczono przykładowe krzywe emisji uzyskane w odniesieniu do różnej liczby warstw tkaniny oznaczonej symbolem „test 1”, a w tabeli 4. zamieszczono obliczone wartości współczynników chromatyczności oraz współczynnika luminancji świetlnej dla tej tkaniny.

Uzyskane dane wskazują, że ilość warstw mierzonej tkaniny ma istotny wpływ na uzyskane wyniki pomiarów współrzędnych chromatyczności. **Wartości współrzędnych chromatyczności uzyskane w odniesieniu do jednej war-**

stwy tkaniny nie mieszczą się w granicach określonych w normie PN-EN 471 [1] i PrPN 1150 [8]. Dopiero współrzędne chromatyczności uzyskane dla dwóch lub więcej warstw tkaniny mieszczą się w tych granicach (rys. 2). W odniesieniu do wszystkich próbek wartości współczynnika luminancji świetlnej były większe od określonych w normach PN-EN 471 i PrPN-EN 1150.

Ponieważ odzież ostrzegawcza wykonywana jest w większości przypadków z pojedynczych warstw tkaniny, przedstawiony powyżej przykład wskazuje na konieczność weryfikacji parametrów ochronnych tej odzieży. W przypadku odzieży ostrzegawczej do użytku zawodowego, zgodnie z obowiązującymi przepisami wymagana jest certyfikacja na znak bezpieczeństwa. Wymóg ten nie obowiązuje w odniesieniu do odzieży ostrzegawczej do użytku pozazawodowego.

Jednak ze względu na bezpieczeństwo użytkowników, przed wprowadzeniem na rynek nowych modeli odzieży ostrzegawczej do użytku pozazawodowego, warto poddać je badaniom oraz certyfikacji na zgodność z normą PrPN-EN 1150.

Na poparcie tego stwierdzenia można przedstawić przerażającą statystykę wypadków drogowych, z której wynika, że w 2000 roku zanotowano 20428 wypadków najechania na pieszego. Wynikiem tych zdarzeń była śmierć 2226 osób, a rany odniosły 19534 osoby.

* * *

Materiały stosowane obecnie do produkcji odzieży ostrzegawczej, tj. materiały odbłaskowe, fluorescencyjne o odpowiednich barwach są w znacznym stopniu nieskuteczne. Pośrednim tego potwierdzeniem jest przedstawiona powyżej statystyka dotycząca wypadków najechania na pieszego. Stan ten w znacznej mierze może poprawić stosowanie odzieży ostrzegawczej.

Jednak należy pamiętać, że odzież ta jest skuteczna jedynie wtedy, gdy spełnione są wymagania fotometryczne dotyczące:

- widzialności materiałów tła, ich minimalnej powierzchni oraz rozmieszczenia
- odpowiedniej powierzchni i równomiernego rozmieszczenia materiałów odbłaskowych.

Z przedstawionych powyżej powodów bardzo istotne jest podjęcie działań zmierzających do popularyzacji wytwarzania oraz stosowania bezpiecznej (zgodnej z wymaganiami normy PrPN-EN 1150) odzieży ostrzegawczej do użytku pozazawodowego.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-EN 471:1997 *Odzież ostrzegawcza o intensywnej widzialności*
 [2] Robakowski K., Łęzak K. *Odzież ostrzegaw-*

cza. Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego 4, 1994

[3] Robakowski K. *Odzież ostrzegawcza, wymagania dotyczące materiałów i odzieży określone w normie EN 471*. I Krajowe Sympozjum Kolorymetryczne „Współczesne problemy pomiarów barwy”, Łódź 1996

[4] Mielnik J. *Psychofizyczne aspekty pomiaru barwy*. I Krajowe Sympozjum Kolorymetryczne „Współczesne problemy pomiarów barwy”, Łódź 1996

[5] *Colorimetry*, publikacja CIE nr 15, 1971

[6] Pościk A., Kubacki Z., Owczarek G. *Spektrofotometryczna analiza barwy wybranych ochron osobistych*. Bezpieczeństwo Pracy, 2 (307) 1997

[7] PrPN-EN 1150 *Odzież ochronna. Odzież o intensywnej widzialności do użytku pozazawodowego. Metody badań i wymagania*