

dr AGNIESZKA WOLSKA  
Centralny Instytut Ochrony Pracy

## **Zjawisko olśnienia przykrego - ograniczanie i sprawdzanie**

Olśnienie przykre objawia się uczuciem irytacji, niewygody lub bólu. Spowodowane jest występowaniem wysokiej wartości luminancji (jaskrawości) lub nierównomiernego jej rozkładu w polu widzenia. Powodem tego olśnienia może być bezpośrednia obserwacja źródeł światła (olśnienie bezpośrednie) lub obserwacja odbić źródeł światła od powierzchni odbijających w sposób kierunkowy lub przeważnie kierunkowy (olśnienie odbiciowe). Olśnienie przykre zależy głównie od luminancji źródła olśnienia oraz od czasu oddziaływania, gdyż w warunkach olśnienia przykrego, w danym wnętrzu możemy przebywać bardzo długo. Uniknięcie lub ograniczenie olśnienia przykrego we wnętrzach jest jednym z problemów oświetleniowych, często trudnym do rozwiązania w praktyce.

Problem olśnienia powinien być rozwiązany na etapie projektowania oświetlenia, kiedy projektant - dysponując wszystkimi danymi na temat samego pomieszczenia, wielkości i rozmieszczenia stanowisk pracy oraz rodzaju wykonywanej czynności - powinien tak dobrać oprawy oraz je rozmieścić, aby to zjawisko nie występowało. Niestety, w praktyce podstawowym kryterium „dobrego oświetlenia” jest spełnienie wymagań normy w zakresie natężenia oświetlenia oraz jego równomierności, gdyż oba te parametry łatwo jest zmierzyć. Natomiast olśnienia nie da się zmierzyć. Można jedynie stwierdzić subiektywnie, że „światło razi” lub w pomieszczeniu jest „zbyt jasno”. Taka sytuacja najczęściej ma miejsce w małych pomieszczeniach biurowych, gdzie z uwagi na pracę z komputerem zapewniany poziom natężenia oświetlenia wynosi 500 lx, a meble i ściany są białe. W rezultacie oprócz opraw oświetleniowych w otoczeniu występują wtórne źródła światła w postaci białych jaskrawych płaszczyzn ścian i mebli powodujących olśnienie przykre.

Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie metod oceny olśnienia przykrego.

Międzynarodowy Komitet Oświetleniowy CIE przyjął, że luminancja źródła w kierunku obserwacji musi być większa niż 500-700 cd/m<sup>2</sup> aby występowało olśnienie przykre [2].

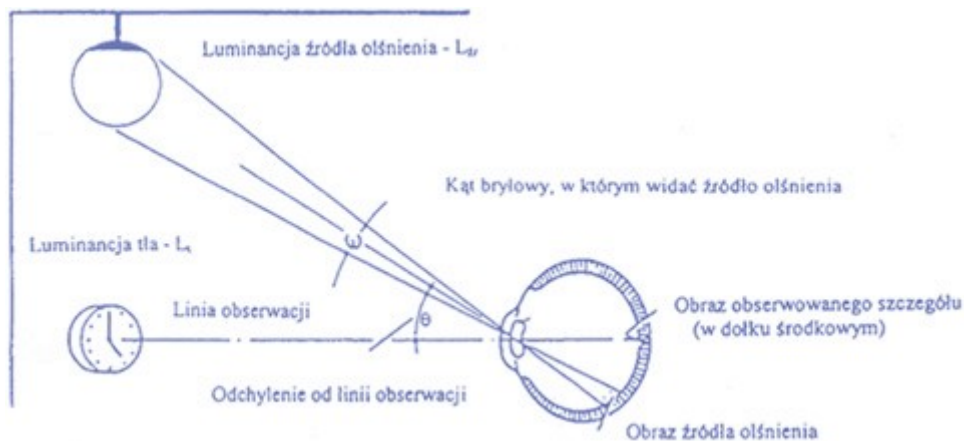
Na podstawie wielu badań eksperymentalnych stwierdzono, że olśnienie przykre mogą ograniczać:

- obniżenie luminancji źródeł światła (okien, opraw oświetleniowych),
- zmniejszenie powierzchni świecącej źródeł światła,
- zwiększenie luminancji tła, na którym znajduje się źródło światła.

### **Podstawy ograniczania olśnienia we wnętrzach**

Badania nad olśnieniem przykrym wykazały związek między podstawowymi czynnikami wpływającymi na olśnienie a przyjętą miarą olśnienia. Na zjawisko olśnienia przykrego wpływają wymiary źródła olśnienia, luminancja i liczba źródeł olśnienia, ich położenie w polu widzenia oraz luminancja tła na którym się te źródła znajdują ([rys. 1](#)). Na bardzo uproszczonym schemacie budowy oka przedstawiono sytuację, gdy soczewka tworzy obraz obserwowanego zegara w obszarze dołka środkowego siatkówki (najostrzejsze widzenie) i jednocześnie tworzy obraz oprawy olśniewającej w innym punkcie siatkówki. Odczucie dyskomfortu (olśnienia przykrego) będzie większe, gdy:

- obraz źródła olśnienia na siatkówce znajduje się blisko dołka środkowego (czyli kiedy  $\theta$  - kątowe odchylenie położenia źródła olśnienia od kierunku obserwacji będzie niewielkie);
- kiedy obraz źródła olśnienia jest duży (czyli kiedy kąt przestrzenny, w którym źródło olśnienia jest obserwowane jest duży lub kiedy występuje kilka źródeł olśnienia);
- kiedy natężenie oświetlenia w miejscu powstawania obrazu jest duże w porównaniu z natężeniem oświetlenia na pozostałej części siatkówki (czyli kiedy luminancja źródła olśnienia jest dużo większa od luminancji tła, na którym to źródło się znajduje).



**Rys. 1.** Parametry wpływające na ośnienie przykre

Ogólny związek między podstawowymi czynnikami wpływającymi na ośnienie a pewną miarą ośnienia, przy uwzględnieniu jednego źródła ośnienia, określa związek [1]:

$$G = \frac{L_{zr}^a \cdot \omega^b}{L_t^c \cdot f(\theta)}$$

gdzie:

$G$  - stała ośnienia (ang. Glare Constant),

$L_{zr}$  - luminancja źródła ośnienia,

$\omega$  - kąt bryłowy, w którym widziane jest źródło ośnienia,

$L_t$  - luminancja tła, która decyduje o poziomie adaptacji oczu obserwatora,

$f(\theta)$  - złożona funkcja określająca kątowe odchylenie źródła ośnienia od kierunku obserwacji,

$a, b, c$  - wykładniki potęgowe charakteryzujące stopień wpływu danego czynnika (przyjmowane na podstawie badań eksperymentalnych).

Badania eksperymentalne oparte na subiektywnej ocenie ośnienia pozwoliły na powiązanie wartości liczbowych  $G$  ze stopniem ośnienia przykrego począwszy od dopiero co nieznośnego do dopiero co postrzegalnego (tab. 1).

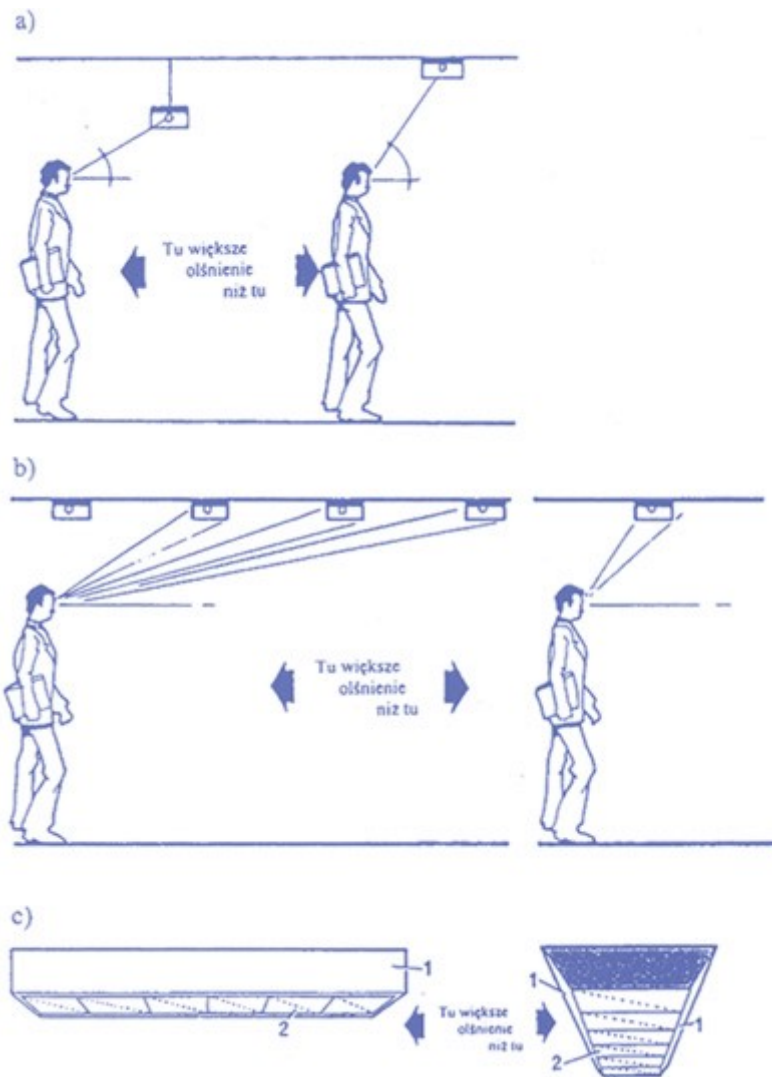
Tabela 1

POWIĄZANIE ODCZUWANEGO OŚNIENIA PRZYKREGO ZE STAŁĄ OŚNIENIA -  $G$  ORAZ WSKAŹNIKIEM OŚNIENIA  $G/I$

Subiektywna ocena odczuwanego ośnienia przykrego	Wartości stałej ośnienia $G$	Wartość wskaźnika ośnienia $G/I$
Dopiero co nieznośne (ang. <i>just intolerable</i> )	600	27,8
Dopiero co powodujące niewygodę (ang. <i>just uncomfortable</i> )	150	27,8
Dopiero co możliwe do przyjęcia (ang. <i>just acceptable</i> )	35	15,4
Dopiero co odczuwalne (ang. <i>just perceptible</i> )	8	9,0

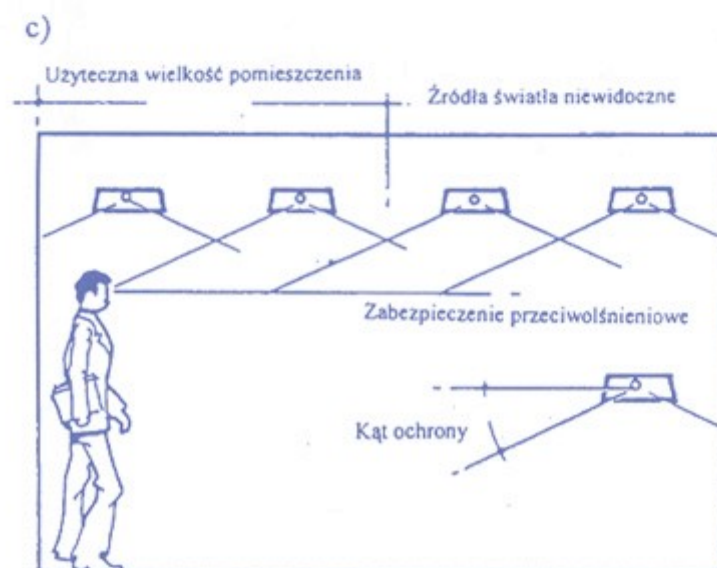
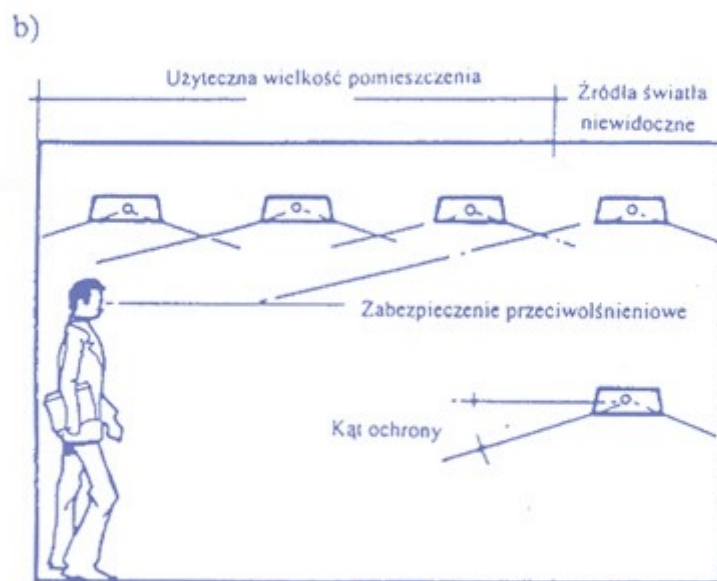
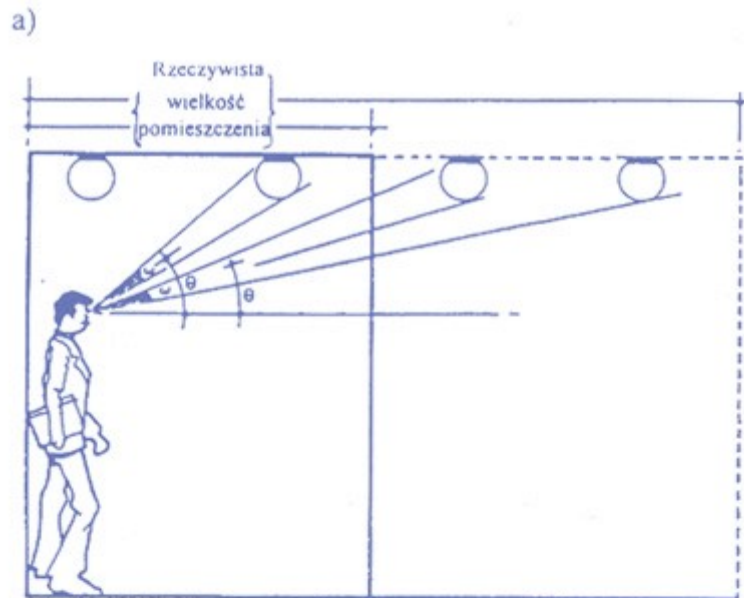
Na [rysunku 2](#) przedstawiono wpływ niektórych parametrów instalacji oświetleniowych na ośnienie przykre [2]. Ośnienie wzrasta przy obniżeniu wysokości zawieszenia opraw ([rys. 2a](#)) oraz przy wzroście liczby widzianych opraw nie posiadających zabezpieczenia przeciwolśnieniowego - np. w wydłużonych

pomieszczeniach ([rys. 2b](#)). Oprawy z jaskrawymi bokami są bardziej ośniewające przy obserwacji w poprzek oprawy niż wzdłuż oprawy ([rys. 2c](#)). Pozorna powierzchnia świecąca jasnych boków oprawy (1) jest znacznie mniejsza w przypadku obserwacji oprawy wzdłuż dłuższego jej boku niż w poprzek oprawy. Jednocześnie dolna powierzchnia świecąca oprawy (2) jest w obu przypadkach taka sama. Na [rysunku 3](#) przedstawiono przykłady ośnienia przykrego dla opraw posiadających zabezpieczenie przeciwośnieniowe (odpowiednia osłona - jak klosz, odbłyśnik itp.) oraz opraw bez takiego zabezpieczenia [2].



**Rys. 2.** Wpływ parametrów instalacji oświetleniowej na ośnienie przykre: a) obniżenie wysokości zawieszenia opraw, b) wzrost liczby widzianych opraw, c) kierunek obserwacji wzdłuż i w poprzek oprawy o jasnych bokach: 1 - jasne boki oprawy. 2 - dolne części świecącej oprawy

Jak widać na [rysunku 3a](#), w przypadku opraw bez zabezpieczenia przeciwośnieniowego, wymiary pomieszczenia są istotne, ponieważ długość pomieszczenia wpływa zarówno na kąt  $\theta$  (odchylenie położenia źródła ośnienia od linii obserwacji), jak i na całkowitą wartość kąta bryłowego  $\omega$  (kąt, w którym widziane jest źródło ośnienia). W przypadku opraw wyposażonych w zabezpieczenia przeciwośnieniowe ([rys. 3b i 3c](#)), rzeczywiste wymiary pomieszczenia nie wpływają na wielkość ośnienia. Jednak wtedy zależy ono od tzw. użytecznego wymiaru pomieszczenia, który z kolei zależy od wielkości kąta ochrony oprawy. Wzrost tego kąta wpływa zarówno na zmniejszenie stopnia ośnienia, jak również na zmniejszenie użytecznego wymiaru pomieszczenia.



**Rys. 3.** Przykłady ośnienia przyrego dla opraw: a) nie wyposażonych w zabezpieczenia przeciwośnieniowe, b) wyposażonych w zabezpieczenie przeciwośnieniowe - mały kąt ochrony, c) - wyposażonych w zabezpieczenie przeciwośnieniowe (duży kąt ochrony)

## METODY SPRAWDZANIA OLŚNIENIA

**Metody wskaźników olśnienia** (ang. *Glare Index Systems*) powstały w oparciu o różne wzory określające wskaźnik olśnienia, np. wzór Gutha, wzór Hopkinsona. Jednym ze sposobów sprawdzania olśnienia dla planowanej instalacji oświetleniowej jest zapewnienie odpowiednich wartości  $G$  tak, aby nie przekraczały dopuszczalnych wartości liczbowych. W celu uzyskania wygodnych w użyciu wartości liczbowych, stała olśnienia  $G$  została wyrażona za pomocą tzw. wskaźnika olśnienia  $GI^2$ , który obliczany jest ze wzoru [2]:

$$GI = 10 \log G$$

Metoda wskaźników olśnienia polega na korzystaniu z wielu tabel i wykresów, które powstały na podstawie wyznaczonych wzorów na  $GM$  i  $GI$ . Korzystanie z niej jest możliwe pod warunkiem, że krzywe światłości zastosowanych opraw są o rozsyle symetrycznym. Oprawy są równomiernie rozmieszczone na suficie. Tak więc metody tej nie można zastosować do wyznaczania  $GI$  dla opraw o krzywych światłości o rozsyle niesymetrycznym oraz opraw typu dark light. Obecnie szeroka dostępność komputerów umożliwia wzrost możliwości zastosowań tej metody dzięki użyciu odpowiedniego oprogramowania i wykonywania bezpośrednich obliczeń wg wzorów na  $G$  i  $GI$ .

Teraz przedstawiamy dwa inne wybrane sposoby wyznaczania stałej olśnienia, która choć oznaczana jest różnymi symbolami  $M$ ,  $G$ , to w obu przypadkach reprezentuje subiektywne odczucie olśnienia przykrego pochodzącego od jednego źródła olśnienia (wyniki otrzymane na podstawie badań eksperymentalnych) [2].

Wzór Gutha (USA) określający stałą olśnienia  $M$  jest następujący:

$$M = \frac{0,5 \cdot L_{zr} \cdot Q}{P \cdot F^{0,44}}$$

gdzie:

$$Q = 20,4 W + 1,52W^{0,2} - 0,075$$

$L_{zr}$  - luminancja źródła olśnienia,

$F$  - luminancja pola,

$P$  - wskaźnik położenia,

$W$  - kąt bryłowy, w którym postrzegane jest źródło olśnienia.

Dla kilku źródeł olśnienia wyznacza się tzw. klasę olśnienia przykrego - DGR (ang. *Discomfort Glare Rating*):

$$DGR = (\sum M)^a$$

gdzie wykładnik potęgowy  $a$  jest funkcją liczby źródeł olśnienia.

Klasa olśnienia przykrego  $DGR$  została wykorzystana w metodzie określonej mianem prawdopodobieństwa wystąpienia wygody widzenia - VCP (ang. *Visual Comfort Probability*).

Brytyjski system oceny olśnienia przykrego powstał w wyniku rozwinięcia przez Hopkinsona i Petherbridgea wzoru na stałą olśnienia  $G$ , który przyjął postać [2]:

$$G = \frac{L_{zr}^{1,6} \cdot \omega^{0,8}}{L_t} \cdot \frac{1}{P^{1,6}}$$

gdzie  $L_t$  - luminancja tła. Dla wielu źródeł olśnienia określa się wskaźnik olśnienia  $GI$ , wg. wzoru:

$$GI = 10 \log \sum G$$

Do oceny olśnienia przykrego projekt nowej normy europejskiej [4] zaleca metodę określoną mianem ujednoliconej oceny olśnienia CIE(ang. *CIE Unified Glare Rating*), gdzie określa się dla każdego źródła olśnienia (oprawy) wskaźnik UGR<sup>2</sup> wg. wzoru:

$$UGR = 8 \cdot \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_t} \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right)$$

$L_t$  - luminacja tła,  $L$  - luminancja świecących części każdej oprawy w kierunku oka obserwatora,  $\omega$  - kąt bryłowy, w którym oko obserwatora widzi świecące części każdej oprawy,  $p$  - wskaźnik położenia Gutha dla każdej oprawy uwzględniający jej odchylenie od kierunku obserwacji.

**Metody wykorzystujące zasadę ograniczania luminancji**<sup>3</sup>. Metody te sprowadzają się do dwóch zasadniczych sposobów podejścia [2]: określenie wartości granicznych luminancji oraz określenie wartości granicznych rozkładu luminancji.

Metody polegające na określaniu **wartości granicznych luminancji** stosuje się zwłaszcza w przypadkach, gdy użyte oprawy mają w przybliżeniu stały (jednakowy) rozkład luminancji w przestrzeni. Są to oprawy z kloszem rozpraszającym szklanym lub plastikowym, a luminancje tych opraw na ogół nie przekraczają wartości 15 000 cd/m<sup>2</sup>, natomiast luminancje tych opraw w krytycznej strefie kątowej (kąt  $\theta$  w zakresie: od 0° do 45° albo - w odniesieniu do rozkładu luminancji oprawy - kąt  $\gamma$  w zakresie 45° do 90°) są w przybliżeniu takie same. Wówczas możliwe jest wyznaczenie dopuszczalnej wartości luminancji źródła olśnienia  $L_{zr}$  wstawiając odpowiednie dane do przekształconego wzoru (1) czyli [2]:

$$L_{zr} = \sqrt[a]{\frac{G \cdot L_t^c \cdot f(\theta)}{\omega^b}}$$

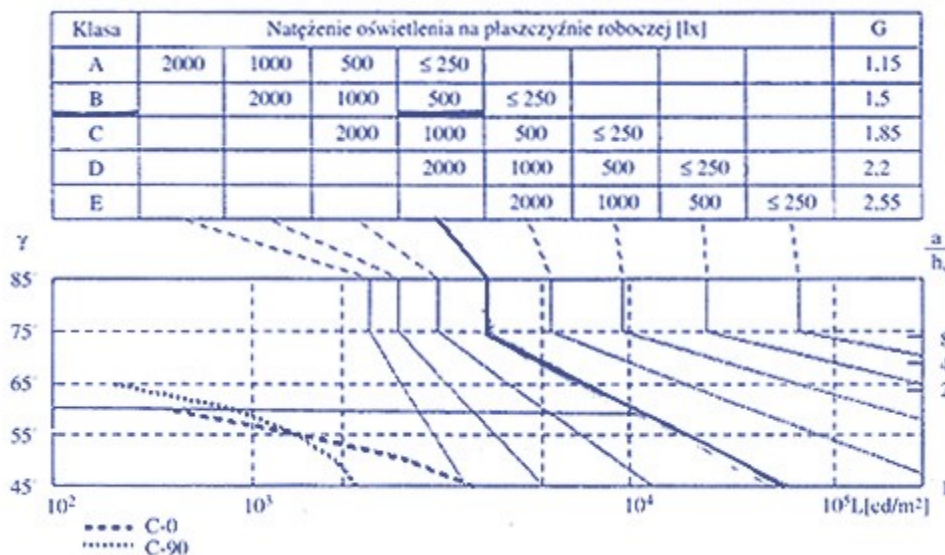
Jedną z metod oceny olśnienia wykorzystujących zasadę ograniczenia wartości luminancji jest **metoda dopuszczalnych luminancji** [1]. Jej podstawą jest ograniczenie olśnienia bezpośredniego przez zmniejszenie jaskrawości w wybranych strefach pola widzenia. W tym celu podaje się maksymalne dopuszczalne wartości luminancji opraw w określonych kierunkach obserwacji oraz minimalne dopuszczalne wartości kąta ochrony oprawy (lub dla opraw ze źródłami o dużej mocy - minimalną wysokość zawieszenia). Jeśli dla określonej oprawy wymagania te są spełnione, tzn. uzyskane wartości są mniejsze od wartości granicznych podanych w tabeli 2, to możemy uznać, że przewidywany poziom olśnienia bezpośredniego nie przekroczy poziomu uznanego za dopuszczalny.

Metody polegające na określaniu **wartości granicznych rozkładu luminancji** stosuje się zwłaszcza w przypadkach, gdy użyte oprawy nie mają stałego (jednakowego) rozkładu luminancji w przestrzeni. Są to oprawy z kloszem pryzmatycznym lub innymi osłonami, a luminancje tych opraw w krytycznej strefie kątowej (kąt  $\theta$  w zakresie: od 0° do 45° albo - w odniesieniu do rozkładu luminancji oprawy - kąt  $\gamma$  w zakresie 45° do 90°) nie są jednakowe (stałe). Dobrze zaprojektowane oprawy charakteryzują się tym, że wraz ze wzrostem kąta  $\gamma$  powyżej 45° luminancja oprawy stopniowo maleje - znacząco mniejsza wartość luminancji oprawy dla  $\gamma=90^\circ$  w stosunku do  $\gamma=45^\circ$  [2].

Jedną z metod oceny olśnienia opartych na zasadzie ograniczenia wartości granicznych rozkładu luminancji jest metoda **krzywych luminancji granicznych** [1]. Krzywe graniczne wartości luminancji opraw wyznacza się przy dowolnym stopniu olśnienia  $G$  i różnych założonych wartościach natężenia oświetlenia. Poszczególnym stopniom olśnienia przyporządkowano określone klasy jakości: A-B-C-D-E, gdzie klasa A oznacza najwyższy stopień ograniczenia olśnienia. Za odniesieniowe wartości natężenia oświetlenia przyjęto 250, 500, 1000 i 2000 lx, dla których to wartości oraz dla poszczególnych klas jakości wyznaczono maksymalne dopuszczalne wartości luminancji opraw w wyodrębnionych strefach. Strefę kątową określono wartościami kąta  $\gamma$ , liczonego od pionu do promienia łączącego oko obserwatora z najdalej położoną oprawą oświetleniową.

Typowy diagram krzywych granicznych luminancji przedstawiono na rys. 4, gdzie na wykresie z krzywymi granicznymi luminancji naniesione są krzywe rozkładu luminancji w płaszczyźnie C0 i C90 dla przykładowej oprawy. Z wykresu tego można w prosty sposób odczytać, jaka jest klasa jakości (której odpowiada

określony stopień olśnienia) dla wyznaczonego kąta  $\gamma$  (kątem, pod którym widziana jest przez obserwatora najdalsza w pomieszczeniu oprawa) oraz przyjętego poziomu natężenia oświetlenia. Metoda ta jest dość szeroko rozpowszechniona - powoływana jest w normie ISO [5] oraz często występuje w danych katalogowych opraw oświetleniowych. Zaletą jej jest to, że nie ma ograniczeń jej stosowania, takich jak np. krzywa światłości porównywalna z krzywymi BZ czy równomierne rozmieszczenie opraw oświetleniowych. Metoda krzywych granicznych luminancji jest często stosowana w katalogach opraw oświetleniowych, gdzie w szybki sposób można z diagramu sprawdzić, czy dana oprawa, ze względu na ograniczenie olśnienia, jest odpowiednia.



Rys. 4. Diagram krzywych luminancji granicznych

**Metoda kątów ochrony**<sup>4</sup>. Metody oparte na określaniu wartości kątów ochrony stosuje się zwłaszcza w przypadkach, gdy użyte są oprawy wyposażone w zabezpieczenie przeciwolśnieniowe, a zwłaszcza te, które mają zainstalowane wyładowcze źródła światła o dużej mocy lub żarówki. W tych przypadkach o olśnieniu przykrym decyduje raczej strumień świetlny emitowany przez oprawę, niż jej luminancja. Reprezentatywną metodą polegającą na określaniu wartości kątów ochrony wykorzystującą określenie zabezpieczenia przeciwolśnieniowego oraz wysokości zawieszenia opraw w zależności od strumienia świetlnego źródła światła jest australijska metoda o nazwie *Australian Lighting Code*.

**Metoda dwóch reguł**<sup>5</sup>. Metodą powstałą w wyniku połączenia metody krzywych luminancji granicznych oraz metody kątów ochrony jest metoda dwóch reguł. Metoda ta jest zawarta w PN 84/E-02033 Oświetlenie wnętrz światłem elektrycznym. Tworzą ją dwie reguły [1]:

**Reguła 1.** Wszystkie typy opraw powinny mieć - w czterech kierunkach określonych kątami 55°, 65°, 75° i 85° względem pionu - wartości luminancji nie większe od wartości granicznych, w zależności od rodzaju oprawy (jasne, ciemne boki), klasy ograniczenia olśnienia (klasa I, II i III, gdzie klasa I największe ograniczenie olśnienia) oraz przedziałów poziomów natężenia oświetlenia (poniżej 500 lx i powyżej 750 lx).

**Reguła 2.** Oprawy otwarte od dołu powinny mieć kąty ochrony nie mniejsze od kątów granicznych, podanych w zależności od rodzaju pomieszczenia (czynności). Jednocześnie oprawy ze źródłami o luminancji 20 000 - 50 000 cd/m<sup>2</sup> powinny być umieszczone na wysokościach nie mniejszych od wysokości granicznych, podanych w zależności od strumienia świetlnego źródła światła w oprawie.

Jest to metoda dość kłopotliwa w praktycznym zastosowaniu. Jeśli w katalogach opraw możemy jeszcze znaleźć diagramy krzywych granicznych luminancji, tak praktycznie nigdy nie znajdziemy tych informacji o luminancjach oprawy w poszczególnych kątach. Można ją więc stosować prawie wyłącznie na etapie projektowania oświetlenia.

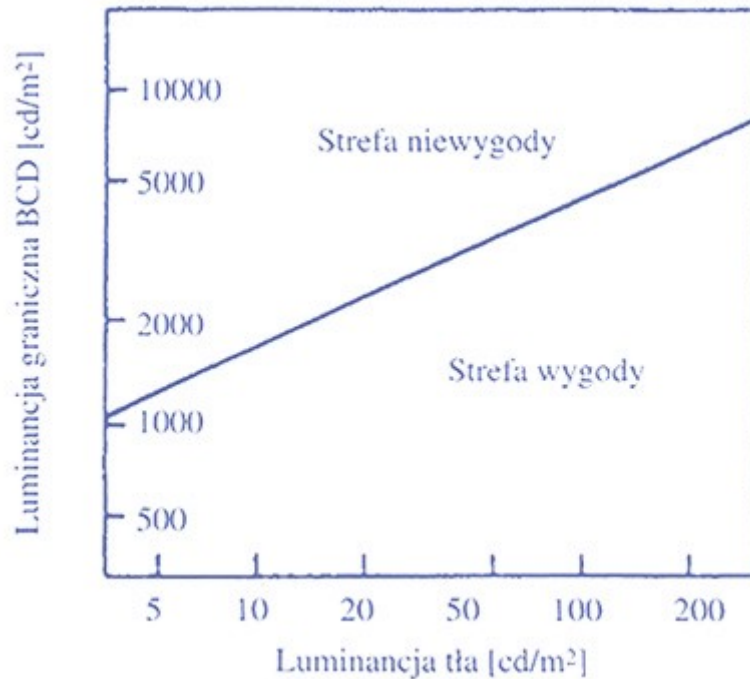
**Subiektywna ocena olśnienia przykrego.** Większość eksperymentów oceniających niewygodę od pojedynczego źródła olśnienia wykonywano w ten sposób, że określano minimalną wartość luminancji -  $L$ , która już powodowała wystąpienie niewygodę. Wyznaczono w ten sposób wartości graniczne luminancji pomiędzy wygodą a niewygodą zwane kryterium granicznym. W literaturze anglojęzycznej nazywane BCD - ang. *borderline between comfort and discomfort* [3]. Badania te uwzględniały wpływ luminancji adaptacji  $F$  na BCD dla warunków średnich poziomów luminancji, jakie występują we wnętrzach. Wyniki tych badań pozwoliły na określenie następującej zależności:

$$L = c \cdot F^{0,44}$$

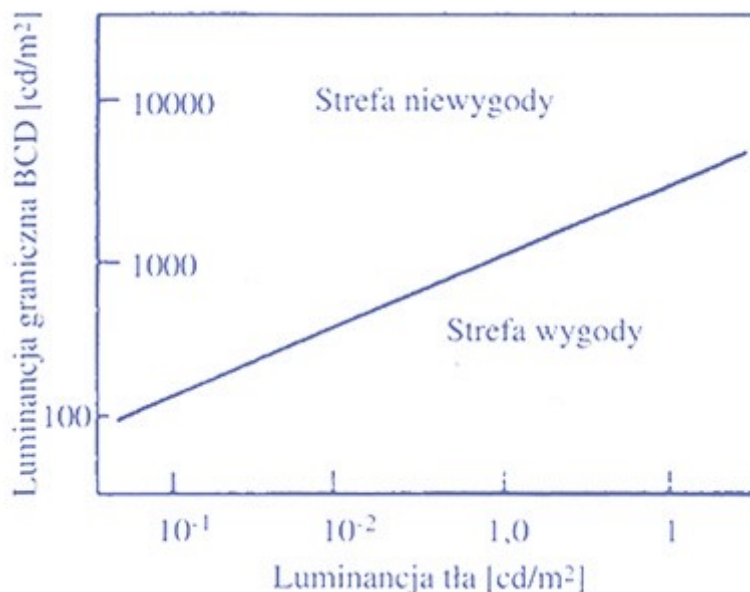
gdzie:

$c$  - stała, przyjmująca różną wartość w zależności od warunków przeprowadzania badań, a zwłaszcza luminancji tła i charakterystyki badanej grupy.

Korzystając z przytoczonego wzoru, szczególną uwagę należy zwrócić na zastosowanie odpowiedniej funkcji, która powinna uwzględniać wartość luminancji tła. Jeśli chcemy ją zastosować do określenia luminancji granicznej BCD we wnętrzach, wówczas można posłużyć się krzywą z [rys. 5](#) i stałą  $c = 302$ , natomiast do określenia luminancji granicznej BCD podczas jazdy samochodem nocą posłużyć się trzeba [rys. 6](#) i zastosować stałą  $c = 529$ .



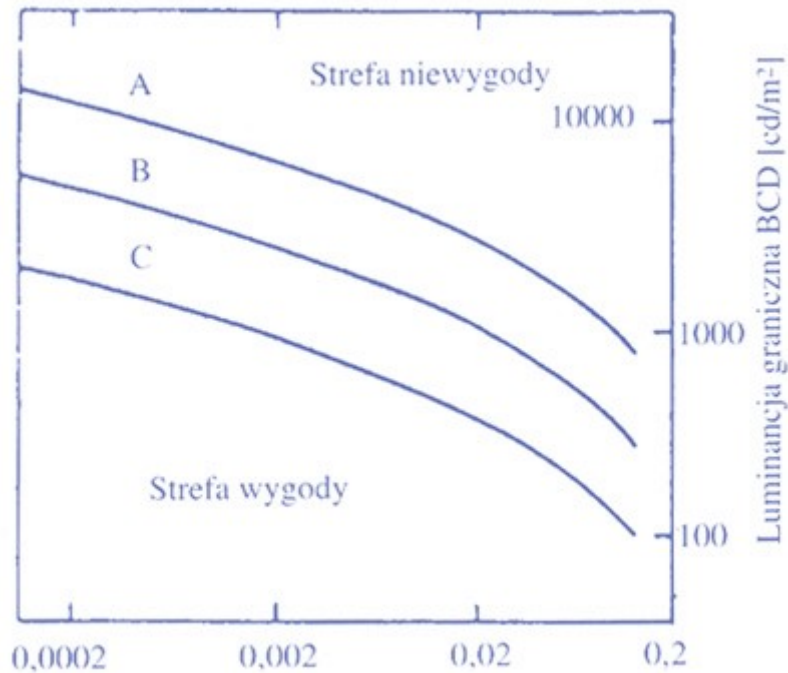
**Rys. 5.** Luminancja graniczna BCD w zależności od luminacji tła (do której oko jest zaadoptowane) - średnie wartości luminacji tła, jakie występują we wnętrzach



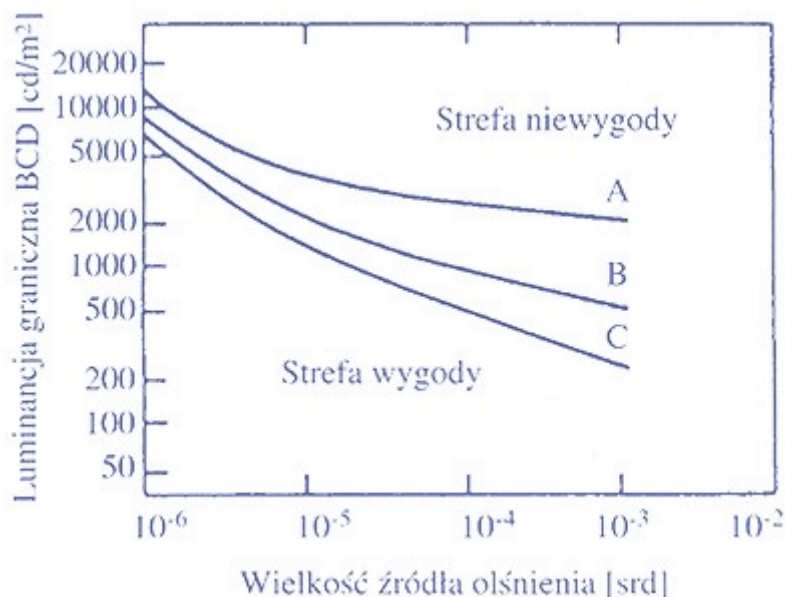
**Rys. 6.** Luminancja graniczna BCD w zależności od luminacji tła (do której oko jest zaadaptowane) - niskie wartości luminacji tła, jakie występują nocą podczas jazdy samochodem



Na rys. 7 i 8 przedstawiono wpływ wymiarów źródła ośnienia na luminancję graniczną BCD przy różnych poziomach luminancji tła, podczas gdy źródło ośnienia znajduje się na głównej osi widzenia. Z wykresów tych wynika, że źródła ośnienia o większych wymiarach kątowych charakteryzują się mniejszą wartością luminancji granicznej. Wraz z oddalaniem źródła ośnienia od głównej osi widzenia, wartości luminancji granicznej BCD wzrastają.



**Rys. 7.** Wpływ wymiarów źródła ośnienia na luminancję graniczną BCD przy trzech poziomach luminancji tła: A = 343 cd/m<sup>2</sup>, B = 34,3 cd/m<sup>2</sup>, C = 3,43 cd/m<sup>2</sup>; średnie wartości luminancji tła



**Rys. 8.** Wpływ wymiarów źródła ośnienia na luminancję graniczną BCD przy trzech poziomach luminancji tła: A = 0,34 cd/m<sup>2</sup>, B = 0,034 cd/m<sup>2</sup>, C = 0,0034 cd/m<sup>2</sup>; niskie wartości luminancji tła

Uzyskane dane dla średnich poziomów luminancji w powiązaniu z warunkami, kiedy występuje wiele źródeł światła, były podstawą opracowania systemu określającego prawdopodobieństwo wystąpienia wygody widzenia VCP - ang. *visual comfort probability* [3]. System ten opiera się na wynikach badań, w których osoby badane subiektywnie oceniały wygodę widzenia dla danego systemu oświetlenia i jego otoczenia, przyjmując jako kryterium postrzeganie ośnienia bezpośredniego od opraw.

Stwierdzono, że na subiektywną ocenę wygody widzenia mają wpływ następujące czynniki:

- wymiary i kształt pomieszczenia,
- współczynniki odbicia powierzchni wnętrza,
- poziomy natężenia oświetlenia,
- charakterystyka oprawy oświetleniowej,
- liczba i rozmieszczenie opraw oświetleniowych,
- luminancja całego pola widzenia,
- miejsce obserwacji i oś widzenia,
- różnice w indywidualnej wrażliwości na olśnienie.

Stosowanie systemu VCP w celu porównania wyników dla różnych opraw oświetleniowych wymaga spełnienia kilku znormalizowanych warunków dotyczących m.in.: wartości początkowego natężenia oświetlenia, wartości współczynników odbicia sufitu, ścian i podłogi, wysokości zawieszenia opraw, wymiarów pomieszczenia, równomiernego rozmieszczenia opraw oświetleniowych i miejsca obserwacji.

Stwierdzono, że nie wystąpi olśnienie przykre, jeśli równocześnie będą spełnione następujące warunki:

- wartość  $VCP \geq 70$ ,
- Stosunek luminancji maksymalnej do średniej luminancji oprawy oświetleniowej nie przekracza wartości 5:1 dla kątów  $45^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $75^\circ$  i  $85^\circ$  licząc od poziomu (dla przekroju podłużnego i poprzecznego oprawy),
- maksymalna luminancja zastępcza oprawy dla przekroju podłużnego i poprzecznego oprawy nie powinna przekraczać wartości podanych w tabeli 2.

Olśnienie przykre jest zjawiskiem często występującym na stanowiskach pracy, które intuicyjnie jest zauważane i określane najczęściej jako oświetlenie „rażące w oczy”. Problem polega na tym, że na stanowiskach pracy, tak naprawdę sprawdza się jedynie poziom natężenia oświetlenia oraz jego równomierność, natomiast olśnienie nie jest brane pod uwagę. Wynika to nie tyle z braku chęci do jego oceny, ile z braku wypróbowanego prostego sposobu lub miernika, które by pozwoliły na określenie np. wskaźnika olśnienia. Jak do tej pory, olśnienie przykre można oceniać:

- na etapie projektowania - za pomocą programów komputerowych służących do projektowania oświetlenia, które obliczają wskaźnik olśnienia,
- dla istniejącego systemu oświetleniowego,
- gdy posiadamy pełną dokumentację opraw zainstalowanych, łącznie z wartościami luminancji oprawy w poszczególnych kątach jej świecenia, wówczas możemy zastosować metodę dwóch reguł - jak w PN [4],
- gdy posiadamy diagram krzywych luminancji granicznych, wówczas możemy zastosować metodę krzywych luminancji granicznych.

Poza określeniem występowania olśnienia przykrego od opraw oświetleniowych należy zwrócić uwagę na olśnienie, które może być powodowane przez jaskrawe płaszczyzny pomieszczenia, takie jak białe ściany i meble. W pomieszczeniach z białymi ścianami i meblami oraz realizowania w nich wysokich wartości natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej, może występować zjawisko olśnienia, chociaż same oprawy nie będą jego powodem. To właśnie światło odbite od tych białych płaszczyzn będzie powodem olśnienia, gdyż spojrzenie w jakimkolwiek kierunku w danym pomieszczeniu będzie powodowało postrzeganie nadmiernie jaskrawych płaszczyzn i w efekcie olśnienie. W takich właśnie sytuacjach zdarza się, że chociaż zainstalowane są nowe oprawy oświetleniowe a ekspertyzy oświetleniowe wykazują zgodność z wymaganiami polskiej normy [4], to jednak użytkownicy wyłączają całość lub część oświetlenia (np. wykręcając część źródeł światła) ze względu na odczucie niewygody, dekoncentracji, przykrości czy bólu oczu spowodowanych zjawiskiem olśnienia.

<sup>1)</sup> Wskaźnik olśnienia (ang. *Glare Index*) w dostępnej literaturze polskiej oznaczany jest symbolem *WO* i obliczany za pomocą wzoru  $WO = 10 \log 0,5G$ .<sup>2)</sup> Szczegóły dotyczące tej metody można znaleźć w Publikacji CIE nr 117: 1995. *Discomfort Glare in Interior Lighting*.<sup>3)</sup> Ang. *Luminance Limiting Systems* - zalicza się do nich australijską *SAA Code*, niemiecką *The Sollner/Fischer Luminance Curve Method*, amerykańską *IES Scissor Curve Method*.<sup>4)</sup> Ang. *Shielding Angle System*.<sup>5)</sup> Metoda ta w języku angielskim znana jest jako *CIE*

*Interim Glare Limiting System*. Metoda opisana jest szerzej w Publikacji CIE nr 29.2: 1986. *Guide on Interior Lighting*.

## **PIŚMIENNICTWO**

[1] Bąk J.: *Obliczanie oświetlenia ogólnego wewnątrz*. WNT, Warszawa 1983

[2] Publikacja CIE nr 55: 1983: *Discomfort glare in the interior working environment*

[3] Rea M.: *Vision and perception w Lightin Handbook, Rreference &Application*. IES of North America, IESSNA, New York 1993

[4] PN 84/E-02033: *Oświetlenie wewnątrz światłem elektrycznym*[5] ISO 8995: 1989. *Principles of visual ergonomics. The lighting of indoor work systems*