

Jak zmienia się oślnienie przykre przy różnym położeniu oka obserwatora?



Fot. Oleg Kornilov / Bigstockphoto

Oślnienie przykre jest jednym z parametrów oświetlenia, który nie jest oceniany w sposób obiektywny – pomiarowy na stanowiskach pracy. Jego ocena dokonywana jest dotychczas wyłącznie podczas projektowania oświetlenia wewnątrz. Miarą oceny ograniczenia oślnienia jest ujednoczony wskaźnik oceny oślnienia (*UGR*), którego wartość dla charakterystycznych punktów w pomieszczeniu wyznaczana jest obliczeniowo i porównywana z wymaganiami PN-EN 12464-1 [1]. W artykule przedstawiono jak zmienia się wartość *UGR* odzwierciedlająca wielkość oślnienia przykrego przy różnym położeniu obserwatora względem źródła oślnienia na przykładzie pomieszczenia biurowego oraz praktyczne wnioski dla użytkowników.

How does discomfort glare change at various locations of the observer's eye?

Discomfort glare is a parameter of lighting which is not objectively evaluated – throughout measurements at workstations. This is done only when interior lighting is designed. Unified glare rating (*UGR*) is a measure of evaluating glare limitation; its values for typical points of the room are calculated via a computer program and compared with the requirements of PN-EN 12464-1. This article presents data on how the value of *UGR* changes at the various locations of the observer's eye in relation to a single glare source using a typical office room as an example. Practical advice is offered.

Wstęp

Ocena oślnienia przykrego pochodzącego od oświetlenia elektrycznego wykonywana jest, jak dotąd, wyłącznie podczas projektowania oświetlenia wewnątrz. Zazwyczaj w projektach oświetleniowych wyznaczana jest wartość ujednoczonego wskaźnika ograniczenia oślnienia (*UGR*) w odniesieniu do dwóch charakterystycznych kierunków obserwacji w pomieszczeniu (wzdłuż i w poprzek pomieszczenia), przyjmując położenie obserwatora przy ścianach pomieszczenia oraz odpowiednią wysokość oka w odniesieniu do wybranej pozycji pracy (stojąca lub siedząca).

Wyznaczona obliczeniowo wartość *UGR* porównywana jest z wymaganiami PN-EN 12464-1 [1] odnośnie do ograniczenia oślnienia. Jeśli nie przekracza wartości granicznej *UGR* wobec danego rodzaju czynności, zadania lub pomieszczenia, to stwierdza się, że oślnienie przykre jest odpowiednio ograniczone. Nie określa się natomiast *UGR* na stanowiskach pracy występujących w różnych miejscach

w pomieszczeniu, czyli tam, gdzie znajduje się głowa pracownika. Czy można zatem przyjąć, że w każdym przypadku oślnienie będzie odpowiednio ograniczone?

Należy zwrócić uwagę, że pomimo stosowania w biurach odpowiednich opraw oświetleniowych specjalnie przystosowanych do oświetlania stanowisk pracy z komputerem, pracownicy często uskarżają się na występowanie oślnienia. Taka sytuacja najczęściej wynika z nieprawidłowego usytuowania stanowiska pracy względem opraw oświetleniowych. Celem tego artykułu jest przedstawienie, jak zmienia się wartość *UGR* odzwierciedlająca wielkość oślnienia przykrego przy różnym położeniu obserwatora względem źródła oślnienia i jakie praktyczne wnioski dla użytkowników z tego wynikają.

Co to jest oślnienie przykre i jak się je ocenia?

Oślnienie przykre jest to stan narządu wzroku, podczas którego występuje odczucie dyskomfortu, przykrości, rozdrażnienia bez

zmniejszenia zdolności widzenia. Natychmiast po usunięciu przyczyny oślnienia ustępują ww. odczucia.

Oślnienie przykre zależy głównie od luminancji źródła. Ogólnie przyjmuje się, że luminancja źródła musi być większa od $500 \div 700$ cd/m^2 , aby występowało oślnienie przykre [2]. Badania nad oślnieniem przykrym wykazały związek między podstawowymi czynnikami wpływającymi na oślnienie a pewną miarą subiektywnie odczuwanego oślnienia. W rezultacie najczęściej stosowane metody oceny oślnienia przykrego opierają się na uwzględnieniu wymiarów, luminancji i liczby źródeł oślnienia, ich położenia w polu widzenia oraz luminancji tła na którym się te źródła znajdują.

Jedną z metod oceny oślnienia jest opublikowana przez Międzynarodowy Komitet Oświetleniowy (CIE) w 1995 r. [3] tabelaryczna metoda ujednoczonego wskaźnika oślnienia (*UGR*). Jest to metoda zalecana przez CIE do stosowania i z tego względu została zawarta w normie europejskiej, która od 2004 r. istnieje również w Polsce jako PN-EN 12464-1 [1]. Zgodnie z tą metodą określenie stopnia

oświecenia przykrego, powodowanego oprawami oświetleniowymi powinno być dokonywane przy użyciu wskaźnika UGR . Wyznaczana (w projekcie oświetleniowym) wartość UGR określana jest na podstawie wzoru [1, 2, 3]:

$$UGR = 8 \log_{10} \left[\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right]$$

gdzie:

L_b – luminancja tła, w cd/m^2

L – luminancja świecących części każdej oprawy w kierunku oka obserwatora, w cd/m^2

ω – kąt bryłowy świecących części każdej oprawy przy oku obserwatora, w sr

p – wskaźnik położenia Gutha wobec każdej indywidualnej oprawy, który odnosi się do położenia oprawy względem linii wzroku.

Luminancja tła określana jest jako równomierna luminancja całego otoczenia, które wytworzyłaby takie samo natężenie oświetlenia w płaszczyźnie pionowej przy oku obserwatora, jak rozważane rzeczywiste otoczenie w polu widzenia przy wykluczeniu źródeł oświecenia i wyrażane jest wzorem [2]:

$$L_b = \frac{E_i}{\pi}$$

gdzie E_i jest pośrednim natężeniem oświetlenia przy oku obserwatora (określane w lx). Pośrednie natężenie oświetlenia jest otrzymywane poprzez wyliczenie natężenia oświetlenia od ścian traktowanych jako wtórne źródła światła.

Luminancje świecących części każdej oprawy w kierunku oka obserwatora (L) oraz kąty bryłowe świecących części każdej oprawy przy oku obserwatora (ω) wyznaczane są z uwzględnieniem pozornej powierzchni świecącej oprawy przy danym kierunku obserwacji (A_p), i określone są z następujących wzorów [3]:

$$L = \frac{I}{A_p}$$

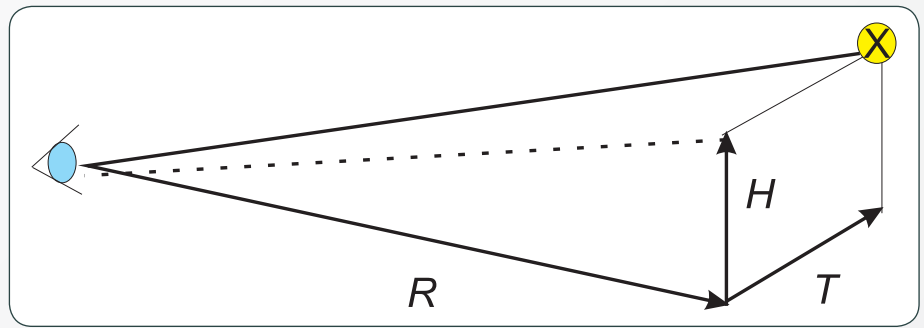
$$\omega = \frac{A_p}{r^2}$$

gdzie:

I – światłość oprawy w kierunku oczu obserwatora, w cd

r – odległość oka obserwatora od środka świecących części oprawy, w m.

Wskaźnik położenia (p) wobec każdej indywidualnej oprawy odnosi się do położenia jej świecącej części względem usytuowania oka obserwatora w pomieszczeniu. Z doświadczenia wynika, że jeśli jaskrawe źródło światła nie występuje na osi wzrokowej, to wywołuje mniejsze oświecenie. Stąd wskaźnik położenia określa względną średnią luminancję, przy której w różnych położeniach źródła oświecenia w polu widzenia występuje umowna graniczna wygoda widzenia, tj. taka, powyżej której



Rys. 1. Określenie położenia źródła oświecenia w polu widzenia obserwatora poprzez wyznaczenie wartości H/R i T/R (linia obserwacji odpowiada kierunkowi R)

Fig. 1. Determination of the location of a glare source in the observer's field of vision through setting H/R and T/R values (the line of observation matches the R direction)

Tabela. Skala wartości granicznych UGR i odczuwanego oświecenia przykrego (na podstawie [2 i 4])

Table. A scale of UGR border values and subjective sensation of discomfort glare (based on [2 and 4])

Subiektywna ocena doznawanego oświecenia przykrego	Przyjęta przez CIE skala wartości granicznych UGR	Przyjęta w PN-EN 12464-1 skala wartości granicznych UGR
Oświecenie już nieznośne	28	28
Oświecenie pomiędzy nieznośnym a powodującym niewygodę*	25	25
Oświecenie już powodujące niewygodę	22	22
Oświecenie pomiędzy powodującym niewygodę a do przyjęcia*	19	19
Oświecenie jeszcze do przyjęcia	16	16
Oświecenie pomiędzy do przyjęcia a zauważalnym*	13	–
Oświecenie zaledwie zauważalne	10	–

* nazwa subiektywnego odczucia określona przez autorkę

mówimy o komforcie widzenia a poniżej – o niewygodzie widzenia [4, 5, 6].

Wskaźnik położenia określa zatem korelację między położeniem każdego źródła oświecanego a poziomem niewygodę, jakie ono wywołuje. Jest on przedstawiany graficznie lub tabelarycznie i dobierany jest na podstawie ilorazu wysokości źródła oświecenia powyżej wysokości oka i poziomej odległości źródła oświecenia od oka (H/R) względem ilorazu poziomego odchylenia położenia źródła oświecenia od linii obserwacji i odległości źródła oświecenia od oka (T/R), (rys. 1.).

Na podstawie badań subiektywnych doznawanego oświecenia wartościom liczbowym UGR nadano znaczenie według czterostopniowej skali zróżnicowanych stopni odczucia tego oświecenia [2]:

- oświecenie już nieznośne (*just intolerable*)
- oświecenie już powodujące niewygodę (*just uncomfortable*)
- oświecenie jeszcze do przyjęcia (zaakceptowania) (*just acceptable*)
- oświecenie zaledwie zauważalne (*just perceptible*).

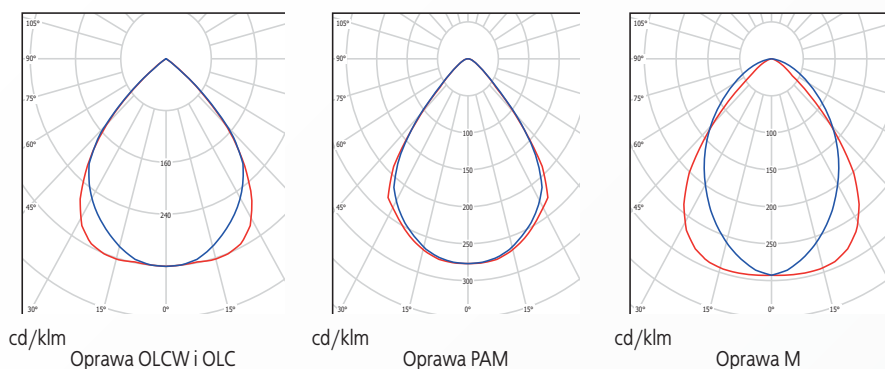
W odniesieniu do różnych urządzeń oświetleniowych ocenianych subiektywnie, przy ustalonej czterostopniowej ocenie stopnia oświecenia, wyznaczono wartości liczbowe wskaźnika oświecenia. Wyniki badań wskazały, że najmniejszej odczuwalnej różnicy w stopniu oświecenia odpowiada zmiana wartości UGR

o jedną jednostkę ($\Delta UGR = 1$), zaś istotnej (znaczącej w odczuciu) zmianie oświecenia odpowiada zmiana wartości UGR o trzy jednostki ($\Delta UGR = 3$). W przyjętej metodzie stosowana jest siedmiostopniowa skala wartości wskaźnika oświecenia: 28-25-22-19-16-13-10 [2, 3] co oznacza, że dodano trzy wartości na skali oświecenia, którym formalnie nie nadano nazwy subiektywnej oceny doznawanego oświecenia i które są doznaniem oświecenia z pogranicza. Im większa wartość liczbowa wskaźnika UGR , tym większy stopień odczuwania oświecenia przykrego. Według PN-EN-12464-1 [1] maksymalne dopuszczalne wartości UGR zostały następująco zróżnicowane: 28-25-22-19-16.

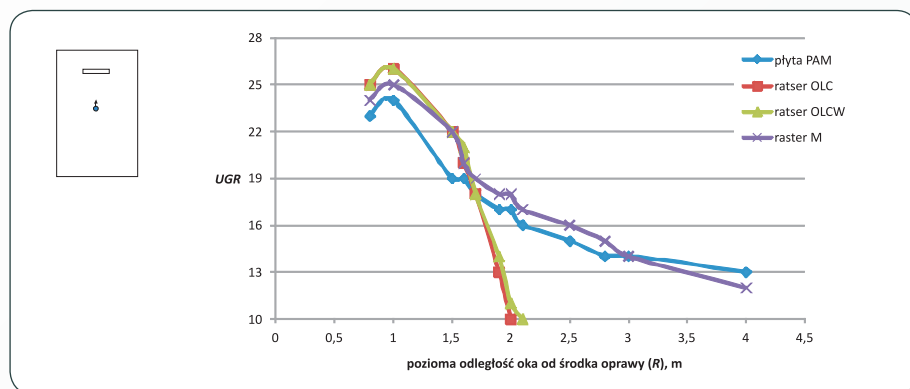
Jak widać, pominięte zostały najmniejsze wartości UGR : 10 i 13, które odpowiadają najmniejszemu subiektywnemu odczuwaniu oświecenia przykrego. W tabeli przedstawiono skalę wartości granicznych UGR w powiązaniu z odczuwanym oświeceniem przykrym.

Modelowanie zmienności UGR w zależności od położenia oka obserwatora

Opisany poniżej eksperyment przeprowadzony został w pomieszczeniu biurowym, w którym mieściło się stanowisko komputerowe. Ograniczenie oświecenia przykrego w trakcie pracy na tym stanowisku powinno zatem spełniać wymaganie PN-EN 12464-1 [1], czyli wyznaczona z obliczeń wartość $UGR \leq 19$.



Rys. 2. Krzywe światłości opraw oświetleniowych wybranych do modelowania (na wykresach)
 Fig. 2. Light curves of the luminaires chosen for modelling (shown on graphs)

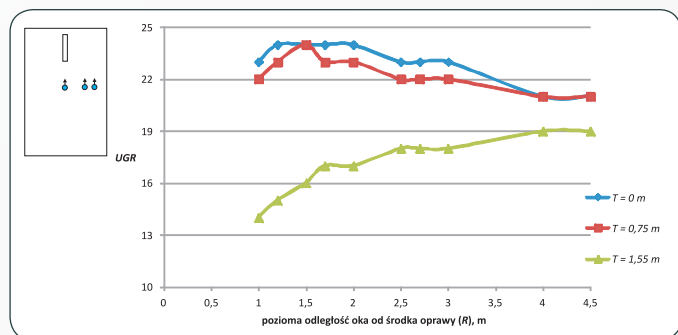


Rys. 3. Wyznaczone UGR dla linii obserwacji pokrywającej się z osią poprzeczną oprawy przy różnych odległościach (R) od oprawy (T = 0 m)
 Fig. 3. UGR set for the line of observation matching the horizontal axis of the luminaire at various distances (R) from the luminaire (T = 0 m)

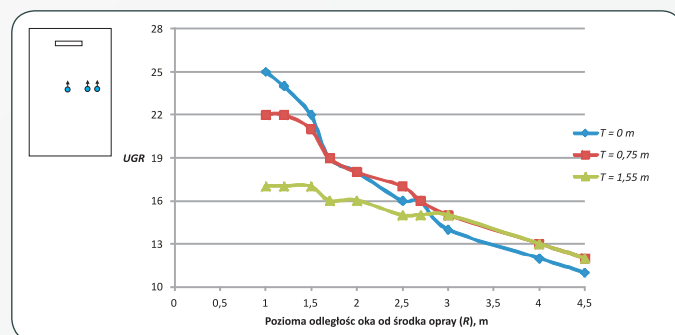
Zmienność UGR wobec wybranych ogólnodostępnych na rynku opraw oświetleniowych stosowanych do oświetlenia stanowisk z komputerami określona została na podstawie obliczeń komputerowych. Następnie wyselekcjonowane zostały cztery oprawy oświetleniowe na świetłóWKI TL5 o mocy 54 W, które różniły się wyłącznie układem świetlnooptycznym, czyli zastosowaniem różnego rodzaju rastra lub płyty rozpraszającej, a mianowicie:

- oprawa M – z rastrem z matowego aluminium z profilowanymi lamelami

- oprawa PAM – z płytą akrylową z mikrosoczewkami
 - oprawa OLCW – z rastrem z wypolerowanego aluminium z lamelami 3D (podwójna zamknięta parabola)
 - oprawa OLC – raster z wypolerowanego aluminium z lamelami 3D (podwójna zamknięta parabola).
- Krzywe światłości wybranych opraw w płaszczyźnie C0 (kolor czerwony) i płaszczyźnie C90 (kolor niebieski) przedstawiono na rys. 2. Oprawy OLCW i OLC mają takie



Rys. 4. Wyznaczone UGR dla linii obserwacji przy wzdłużnym położeniu oprawy i przy różnych R i T
 Fig. 4. UGR set for the line of observation at the vertical location of the luminaire and various R and T



Rys. 5. Wyznaczone UGR dla linii obserwacji przy poprzecznym położeniu oprawy i przy różnych R i T
 Fig. 5. UGR set for the line of observation at the horizontal location of the luminaire and various R and T

same przebiegi krzywych światłości (wartości liczbowe różnią się nieznacznie i nie są widoczne na wykresach), stąd w odniesieniu do obu przedstawiono jeden wykres.

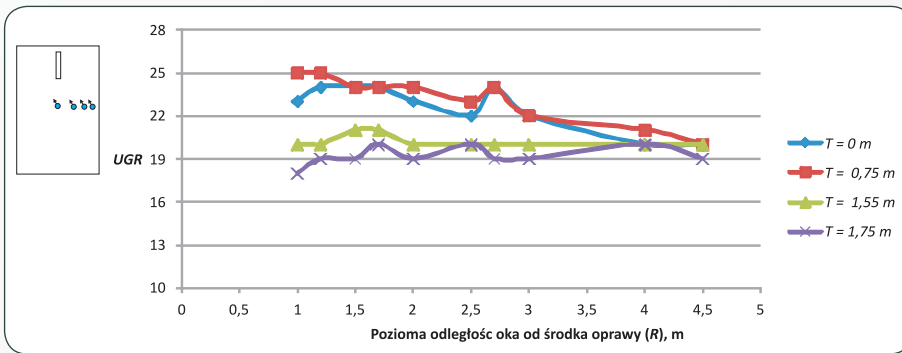
Do obliczeń UGR przyjęte zostały następujące dane wejściowe (odpowiadające rzeczywistym danym pomieszczenia biurowego) oraz położenia obserwatora względem źródła oślnienia:

- wymiary pomieszczenia: 7 x 4,5 x 2,9 m
- wysokość oprawy nad podłogą: 2,5 m
- odległość środka oprawy od krótszego boku pomieszczenia wynosiła 1,1 m
- wysokość oka obserwatora nad podłogą: 1,2 m (pozycja siedząca); przyjęto poziomą linię obserwacji na wprost (0°) oraz rozważano poziome linie obserwacji odchylone o 30° w lewo
- przyjęto różne położenia obserwatora względem źródła oślnienia: w osi oprawy i odsunięte o różne odległości w prawo od osi oprawy
- wysokość oprawy powyżej linii obserwacji: H = 1,3 m
- współczynniki odbicia sufitu (0,8), ścian (trzy ściany – 0,8 i jedna ściana – 0,5), i podłogi (0,3).

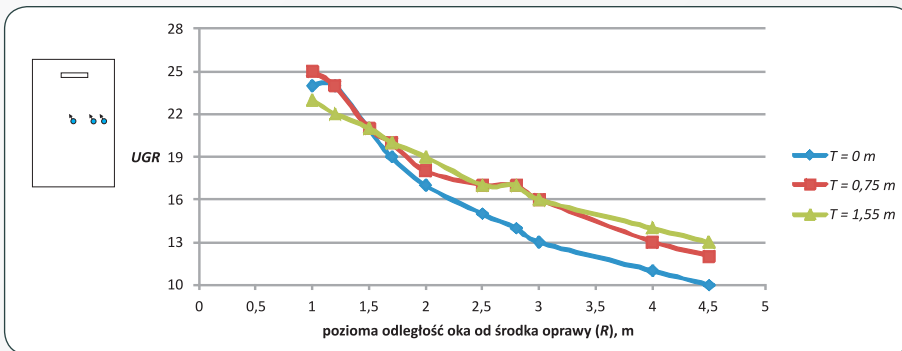
Obliczenia wykonano w programie do projektowania oświetlenia DIALux 4.9 (opracowana przez DIAL GMBH, Niemcy).

UGR przy zmiennej odległości obserwatora od opraw oświetleniowych o różnej optyce

Aby określić związek między położeniem oka obserwatora od oprawy a wartościami UGR, założono, że w pomieszczeniu świeci tylko jedna, wybrana oprawa oświetleniowa, która jest źródłem oślnienia. Obliczenia UGR wykonano kolejno w odniesieniu do każdej z 4 opraw oświetleniowych. Uwzględniając fakt, że w przypadku każdej z opraw większe oślnienie występuje przy przostopadłym do osi wzdłużnej oprawy kierunku obserwacji, przyjęto, że odległość T = 0 m (rys. 1.). Zmienność UGR w odniesieniu do różnych odległości R obserwatora od oprawy określona została



Rys. 6. Wyznaczone UGR dla linii obserwacji odchylonych o 30° od osi wzdłużnej oprawy przy różnych odległościach R i T
Fig. 6. UGR set for the lines of observation diverged by 30° from the vertical axis of luminaire and various R and T



Rys. 7. Wyznaczone UGR dla linii obserwacji odchylonych o 30° od osi poprzecznej oprawy przy różnych odległościach R i T
Fig. 7. UGR set for the lines of observation diverged by 30° from the horizontal axis of luminaire and various R and T

w zakresie od 0,8 m do 4 m, zaś widok położenia obserwatora względem oprawy oraz wyniki obliczeń UGR w zależności od odległości R przedstawione zostały na rys. 3.

Analizując przedstawione na rys. 2. wykresy można zauważyć, że w przypadku opraw z rastrem polerowanymi i lamelami 3D (oprawy OLCW i OLC) w porównaniu z oprawą z rastrem matowym (oprawa M) i z płytą akrylową (oprawa PAM) wyznaczone wartości UGR:

- są wyższe i przekraczają co najmniej o 3 jednostki wartość dopuszczalną $UGR = 19$ przy odległościach $R < 1,5$ m, co zgodnie ze skalą stopniowania UGR oznacza już inne odczucie subiektywne oświetlenia

- są dużo niższe przy odległościach $R > 1,7$ m, natomiast powyżej odległości $R = 1,5$ m gwałtownie maleją do $UGR < 10$ na odcinku ok. 0,5 m, a nawet 10 cm różnica odległości obserwatora UGR powoduje znaczącą różnicę w ocenie oświetlenia.

W przypadku opraw z polerowanym rastrem aluminiowym z lamelami 3D (OLCW i OLC) wyznaczone wartości UGR zawierają się w przedziale od 20 do 26 przy odległościach obserwacji nieprzekraczających 1,6 m. Dopiero przy większych odległościach oświetlenie przykre jest odpowiednio ograniczone do $UGR < 19$. Podobnie w przypadku oprawy z rastrem matowym (oprawa M) minimalna odległość od oprawy przy której $UGR < 19$ wynosi $R = 1,7$ m. Natomiast w przypadku oprawy

z płytą akrylową (oprawa PAM) oświetlenie przykre ograniczone jest do wartości wymaganej przy odległości 1,5 m.

UGR w odniesieniu do wzdłużnego i poprzecznego położenia linii obserwacji względem oprawy (kierunek obserwacji na wprost)

Na podstawie wieloletnich obserwacji stosowanych powszechnie opraw oświetleniowych do oświetlania pomieszczeń biurowych można stwierdzić, że często stosowane są oprawy z rastrem matowym, a bardzo rzadko z rastrem polerowanym z lamelami 3D. Wynika to przede wszystkim z różnic w cenie opraw, a oprawy z rastrem polerowanym i lamelami 3D są droższe. Stąd do dalszych rozważań i symulacji zmian wartości UGR przyjęto jako przykład oprawę z rastrem matowym. Wykonano szereg obliczeń dla wzdłużnego i poprzecznego położenia linii obserwacji względem oprawy M oraz dodatkowo przy odsunięciu w bok linii obserwacji od środka oprawy (odległość T na rys. 1.). Widok różnych położen obserwatora względem wzdłużnego położenia oprawy oraz wyniki obliczeń UGR w zależności od odległości R przedstawiono na rys. 4. Natomiast widok różnych położen obserwatora względem poprzecznego położenia oprawy oraz wyniki obliczeń UGR w zależności od odległości R przedstawiono na rys. 5.

Wyniki UGR wobec linii obserwacji przy wzdłużnym i poprzecznym położeniu oprawy wskazują na tendencję malejącą wartości UGR wraz ze wzrostem odległości R powyżej 1,5 m (za wyjątkiem przypadku, gdy $T = 1,55$ m, gdzie jest wyraźna tendencja rosnąca (rys. 4.), przy czym w przypadku linii obserwacji przy poprzecznym położeniu oprawy tendencja malejąca jest znacznie większa (rys. 5.).

W przypadku linii obserwacji równoległych do osi wzdłużnej oprawy (rys. 4.) oraz dla $T = 0$ m i $T = 0,75$ m przy żadnej odległości od oprawy R nie uzyskano UGR o wartościach mniejszych od 21. Dopiero przy zwiększeniu tej odległości do $T = 1,55$ m uzyskano zadowalające ograniczenie oświetlenia, lecz wartość $UGR = 19$ występowała dopiero przy odległości $R \geq 4$ m.

W przypadku linii obserwacji prostopadłej do osi wzdłużnej oprawy (rys. 5.) oraz odsuniętej w bok o $T = 1,55$ m przy wszystkich badanych odległościach R od oprawy wartość $UGR < 19$, a maksymalna obliczona wartość wynosiła 17. Dla pozostałych badanych odległości linii obserwacji uzyskano wartości UGR poniżej 19 dla odległości $R > 1,7$ m.

Można zatem przyjąć, że w przypadku oprawy M przy małym odsunięciu linii obserwacji w bok ($T \leq 0,75$ m) występuje nieodpowiednio ograniczone oświetlenie przykre:

- bez względu na odległość obserwacji R, w przypadku linii obserwacji równoległych do osi wzdłużnej oprawy oraz
- dla odległości $R < 1,7$ m, w przypadku linii obserwacji prostopadłych do osi wzdłużnej oprawy.

UGR w odniesieniu do wzdłużnego i poprzecznego położenia oprawy i linii obserwacji odchylonej o 30°

Pracownik podczas wykonywania zwykłych czynności pracy na stanowisku biurowym zmienia nie tylko położenie głowy „przód-tył”, ale również zmienia kąt linii widzenia wykonując czynności pracy. Czasami również stanowiska lub pozycja pracy wymuszona przez położenie elementów pracy wyrokowej na stanowisku „wymuszają” taki kierunek normalnej obserwacji, że jest on pod dowolnym kątem względem linii oprawy. W przeprowadzonych obliczeniach wobec oprawy z rastrem matowym przyjęto kąt odchylenia linii obserwacji względem osi oprawy = 30° dla takich samych położen obserwatora określanych odległościami R i T, jak przy kierunku obserwacji na wprost. Widok różnego położenia oka obserwatora UGR i wyniki tych symulacji dla kierunku wzdłużnego względem oprawy przedstawiono na rys. 6, natomiast dla kierunku poprzecznego na rys. 7.

Wyniki UGR dla linii obserwacji odchylonych o 30° od osi wzdłużnej oprawy (rys. 6.) wska-

zują na stosunkowo małe zmiany wartości UGR wraz ze wzrostem odległości R od oprawy, zwłaszcza przy odsunięciu w bok obserwatora o $T \geq 1,55$ m. W przypadku mniejszych wartości T występuje tendencja malejąca UGR wraz ze wzrostem R , ale obliczone wartości UGR są powyżej 19. Dopiero przy odsunięciu w bok o $T = 1,75$ m wyznaczone wartości UGR osiągną wartość 19 ± 1 przy wszystkich badanych odległościach R . Dlatego na rysunku 6 przedstawiono dodatkowo wykres dla odległości większej od 1,55.

Natomiast wyniki UGR przy liniach obserwacji odchylonych o 30° od osi poprzecznej oprawy (rys. 7.) wykazują wyraźną tendencję malejącą wraz ze wzrostem odległości R , przy czym najmniejsze wartości UGR występują dla $R > 1,7$ m, gdy obserwator UGR znajduje się w osi oprawy tj. $T = 0$ m. Wartości $UGR = 19 \pm 1$ występują przy odległościach R od 1,7 ($T = 0$ m) do 2 ($T = 1,55$ m).

Można zatem przyjąć, że w przypadku oprawy M przy małym odsunięciu obserwatora w bok ($T \leq 1,55$ m) i odchyleniu linii obserwacji o 30° występuje nieodpowiednio ograniczone oślnienie przykre:

- bez względu na odległość obserwacji R , w przypadku linii obserwacji odchylonych o 30° od osi wzdłużnej oprawy oraz
- dla odległości $R < 1,7$ m, w przypadku linii obserwacji odchylonych o 30° od osi poprzecznej oprawy.

Porównując wyniki obliczonych UGR w odniesieniu do tych samych położeń obserwatora względem oprawy, ale wobec różnych kierunków linii obserwacji (na wprost i odchylonej o 30°) można zauważyć, że przy odsunięciu położenia obserwatora w bok od środka oprawy (tzn. $T > 0$ m) wartości UGR będą wyższe przy linii obserwacji odchylonej o 30° niż przy obserwacji na wprost. Wraz ze wzrostem T coraz bardziej widoczny jest wzrost wartości UGR przy odchylonej o 30° linii obserwacji względem linii obserwacji na wprost. Wynika to ze zmian wielkości kątowej i luminancji źródła oślnienia obserwowanego pod innym kątem przez obserwatora.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy zmienności UGR w zależności od położenia obserwatora względem źródła oślnienia można stwierdzić, że istotne w celu właściwego ograniczenia oślnienia przykrego jest położenie oka obserwatora względem źródła oślnienia.

W przypadku wszystkich opraw oświetleniowych stosowanych do oświetlania pomieszczeń biurowych wymagane ograniczenie oślnienia $UGR \leq 19$ nie jest spełnione przy wszystkich położeniach obserwatora względem oprawy. W zależności od zastosowanej optyki (rodzaj rastra, płyty rozpraszającej czy klosza) istotnie

zmienia się bryła światłości oprawy a tym samym i wartości luminancji oprawy, przy różnych kątach jej obserwacji. Stąd różne wyniki wyznaczonych wartości UGR wobec takiego samego położenia oka obserwatora przy poszczególnych oprawach (rys. 2.).

Z uwagi na wyższe wartości światłości opraw w płaszczyźnie C0 (płaszczyzna prostopadła do osi wzdłużnej oprawy) niż w płaszczyźnie C90 (płaszczyzna prostopadła do osi poprzecznej oprawy) większe oślnienie występuje przy kierunku obserwacji prostopadłym do osi wzdłużnej oprawy. Należy zauważyć, że w przypadku opraw oświetleniowych o najbardziej wyrafinowanych układach świetlnooptycznych do oświetlania stanowisk z komputerem, tzn. z rastrem o aluminiowym wysoko polerowanym lub polerowanym z lamelami 3D (oprawa OLCW i OLC) bliskie usytuowanie obserwatora dla $R < 1,7$ m przy tym kierunku obserwacji może powodować znaczące oślnienie nawet o wartościach $UGR = 26$ (co oznacza przekroczenie o ponad dwa istotne stopnie w skali stopniowania UGR). Z tego względu zaleca się sytuowanie stanowisk pracy w taki sposób, aby linia obserwacji była równoległa w odniesieniu do osi wzdłużnych opraw. Natomiast często, zwłaszcza w biurach typu otwartego, stanowiska są sytuowane w różny sposób względem opraw. Jeśli już występuje taka sytuacja, to należy wiedzieć, że wtedy można również tak ustawić stanowisko, aby odpowiednio ograniczyć oślnienie. Można to zrobić poprzez ustawienie w odpowiednio dużej odległości stanowiska, tak aby odległość oczu obserwatora od źródła oślnienia nie powodowała już nadmiernego oślnienia.

W artykule przedstawiono, jak zmienia się wartość UGR odzwierciedlająca wielkość oślnienia przykrego przy różnym położeniu obserwatora względem pojedynczego źródła oślnienia. Można stąd sformułować praktyczne wnioski dla użytkowników, które przedstawiono poniżej.

Wyznaczona obliczeniowo przez projektantów urządzeń oświetleniowych wartość UGR wobec danego pomieszczenia, nawet jeśli nie przekracza przyjętej wartości granicznej UGR nie oznacza, że oślnienie przykre będzie odpowiednio ograniczone w każdym miejscu w pomieszczeniu i w odniesieniu do każdego kierunku obserwacji. Standardowo nie określa się UGR na stanowiskach pracy występujących w różnych miejscach w pomieszczeniu czyli tam, gdzie znajduje się głowa pracownika. Stąd projektując w pomieszczeniu rozmieszczenie stanowisk należy wziąć pod uwagę rodzaj zastosowanych opraw, a w przypadku opraw rastrowych stosować następujące podstawowe zasady:

- nie ustawiać stanowisk bezpośrednio pod oprawami oświetleniowymi
- w miarę możliwości ustawiać tak stanowiska, aby linia obserwacji była równoległa

do linii opraw (w przypadku opraw kwadratowych – równoległa do linii świetlówek w niej zamocowanych)

- w przypadku braku możliwości ustawienia stanowiska równoległe do linii opraw zapewnić wystarczająco dużą odległość oczu obserwatora od opraw, aby nie odczuwał subiektywnie oślnienia.

W przypadku, kiedy zazwyczaj nie dysponuje się danymi fotometrycznymi opraw zainstalowanych w danym pomieszczeniu i programem obliczeniowym, nie jest możliwe dokonanie takiej analizy obliczeniowo. Wówczas proponuje się ustawić we wstępnie ustalonym miejscu stanowisko i po kilku dniach pracy zapytać pracownika, czy oświetlenie jest dla niego komfortowe i czy go nie „razi”. W przypadku, gdy oświetlenie będzie w jego ocenie zbyt jaskrawe, należy zmienić usytuowanie stanowiska i powtórzyć opisany schemat postępowania, aż do uzyskania pozytywnego skutku. Jeśli u wszystkich pracowników w danym pomieszczeniu lub przy żadnym położeniu stanowiska pracy w danym pomieszczeniu nie da się uzyskać pozytywnego efektu ograniczenia oślnienia, to znaczy, że oświetlenie jest niewłaściwe. Jeśli możliwe jest zwiększenie wysokości położenia opraw nad podłogą (gdy oprawy są zawieszane na zwieszakach), wówczas może się okazać, że będzie to wystarczające do uzyskania ograniczenia oślnienia. Natomiast jeśli nie jest to możliwe, należałoby zaprojektować i zastosować nowe oświetlenie w tym pomieszczeniu.

Skargi pracowników na zbyt jaskrawe oświetlenie, czy też wyłączanie przez nich części opraw w pomieszczeniu stanowią sygnał, że może występować nadmierne oślnienie przykre i wówczas trzeba wprowadzać działania ograniczające występowanie oślnienia.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-EN-12464-1: 2004. *Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach*
- [2] Publication CIE no 55: 1983 *Discomfort glare in the interior working environment*
- [3] Publication CIE no 117: 1995 *Discomfort glare in interior lighting*
- [4] Bąk J. *Technika oświetlania*. Warszawa, PWN 1981
- [5] Wolska A. *Zjawisko oślnienia przykrego – ograniczanie i sprawdzanie*, „Bezpieczeństwo Pracy”, 4(333) 1999
- [6] Wolska A. *Human aspects of lighting in working interiors* in W. Karwowski (ed) *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, second edition, vol. 11, Taylor & Francis, New York, 2006, 1793-1799

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.