

mgr inż. ANDRZEJ PAWLAK  
Centralny Instytut Ochrony Pracy  
dr inż. KRZYSZTOF ZAREMBA  
Politechnika Białostocka

## Oświetlenie miejscowe na stanowiskach o różnym charakterze pracy wzrokowej

Oświetlenie miejscowe – jest to dodatkowe oświetlenie niektórych części przestrzeni, np. stanowiska pracy, sterowane niezależnie od oświetlenia ogólnego. Celem tego oświetlenia jest uwidocznienie szczegółów zadania wzrokowego przez zwiększenie natężenia oświetlenia i odpowiednie ukierunkowanie wiązki strumienia świetlnego w określony obszar.

Zgodnie z PN-84/E-02033 „Oświetlenie wnętrz światłem elektrycznym” zaleca się stosowanie oświetlenia ogólnego poniżej 200 lx, ogólnego lub złożonego (ogólne + miejscowe) w zakresie  $200 \div 750$  lx i złożonego powyżej 750 lx. Przy średnim natężeniu oświetlenia w zakresie  $200 \div 750$  lx zaleca się stosowanie oświetlenia ogólnego jako jedynego rodzaju oświetlenia tylko w tych pomieszczeniach, w których wykonywane są czynności o tym samym stopniu trudności wzrokowej lub, w których stanowiska pracy nie mają stałej lokalizacji. Przy stosowaniu oświetlenia złożonego natężenie oświetlenia ogólnego w pomieszczeniu powinno stanowić co najmniej 20% natężenia oświetlenia złożonego. W takim przypadku o jakości oświetlenia na stanowisku pracy aż w 80% decyduje oświetlenie miejscowe. W praktyce oświetleniowej ten zapis w normie pozwala – szczególnie dotyczy to stanowisk, na których wymagany jest wysoki poziom natężenia oświetlenia – stosować odpowiednio dobrane oświetlenie miejscowe. Należy więc pamiętać, aby wartości średnie natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej w stosunku do pozostałej części pomieszczenia (oświetlonej oprawami oświetlenia ogólnego) nie przekraczało stosunku 5:1 [3].

W rzeczywistości oznacza to, że jeśli na stanowisku pracy średnie natężenie oświetlenia wynosi 1500 lx, to natężenie oświetlenia w pozostałej części pomieszczenia nie powinno być mniejsze niż 300 lx, a natężenie oświetlenia na korytarzu bezpośrednio przyległym do tego pomieszczenia – nie mniejsze niż 60 lx.

Tak więc w pomieszczeniach, w których istnieją strefy komunikacyjne oraz płaszczyzny robocze o różnych funkcjach, na których wymaga się natężenia oświetlenia o różnych wartościach, należy stosować – obok oświetlenia ogólnego – oświetlenie miejscowe. Może być ono zrealizowane za pomocą opraw usytuowanych w obrębie płaszczyzny pracy wzrokowej lub za pomocą opraw oświetleniowych rozmieszczonych na suficie i skupionych odpowiednio nad płaszczyznami roboczymi (tzw. oświetlenie zlokalizowane) [3].

Stosowanie odpowiednio dobranych opraw oświetlenia miejscowego, usytuowanych w pobliżu płaszczyzny roboczej zaleca się, gdy:

- na niewielkich powierzchniach wymaga się wysokich wartości natężenia oświetlenia,
- wymaga się określonego kierunku padania światła w celu uwidocznienia rys, kształtu, faktury lub prześwietlenia materiału,
- w pomieszczeniu znajdują się pojedyncze stanowiska, na których wymagane są wyższe poziomy natężenia oświetlenia, niż zapewniony przez oświetlenie ogólne,
- oświetlenie ogólne nie dociera do niektórych miejsc na skutek różnego rodzaju przeszkód w rozchodzeniu się światła (powstają cienie),
- praca wykonywana jest przez osoby starsze lub z upośledzonym wzrokiem (np. zbyt niska ostrość wzroku, daltonizm itp.) w porównaniu do osób, dla których opracowano wymagania normy,
- występuje wyraźne zjawisko stroboskopowe dające złudzenie fałszywego ruchu lub pozornego bezruchu urządzeń produkcyjnych na skutek zasilania lamp wyładowczych prądem przemiennym,
- wskazane jest wytworzenie w pomieszczeniu, przeznaczonym do wypoczynku, zamierzonego nastroju przez grę światłocieni.

W tych przypadkach oprawa oświetle-

nia miejscowego powinna mieć tak duży kąt ochrony oraz powinna być tak zlokalizowana w stosunku do użytkownika, aby przy każdym położeniu jego głowy związanym z wykonywaniem określonych czynności, pole widzenia znajdowało się w całości w strefie o ograniczonym oświeceniu oraz, aby nie występowały cienie ani oświecenie odbiciowe [3]. Dlatego, w zależności od rodzaju wykonywanych czynności oraz od wymaganego średniego natężenia oświetlenia, należy odpowiednio dobierać oprawę oświetlenia miejscowego.

### Sposoby oświetlania miejscowego

Sposoby oświetlania miejscowego polegają na doborze oprawy oświetlenia miejscowego ze względu na jej luminancję gabarytową i wielkość powierzchni świecącej oraz na odpowiednim jej umieszczeniu w stosunku do oka obserwatora. Umieszczenie to wynika z charakterystyki odbiciowej przedmiotu pracy wzrokowej oraz od wymagań oświetleniowych. Z punktu widzenia techniki świetlnej charakterystyka przedmiotu pracy wzrokowej zależy od jego wartości współczynników odbicia i przepuszczania. Uzaledźniona jest również od faktury powierzchni przedmiotu pracy wzrokowej (powierzchnia z załamaniami, pęknięciami, rysami, wżerami itp.), co wpływa na charakterystykę odbicia światła (kierunkowe, rozproszone, kierunkowo-rozproszone). Mogą to być materiały – począwszy od całkowicie przepuszczających promieniowanie (np. przezroczyste szkło) do całkowicie odbijających kierunkowo (np. lustro) lub w sposób rozproszony (np. gipsowa ściana).

Do oświetlenia miejscowego najczęściej używane są oprawy o rozsyle skupionym (źródło punktowe umieszczone w odbłyśniku skupiającym lub w układzie soczewkowo-odbłyśnikowym) oraz oprawy o rozsyle rozproszonym. Te ostatnie można umownie podzielić na oprawy o

dużej luminancji ( $L > 14\,000\text{ cd/m}^2$ ), średniej luminancji ( $L < 14\,000\text{ cd/m}^2$ ) i o nierównomiernym lub równomiernym rozkładzie luminancji. Równomierny rozkład luminancji jest w tym przypadku określany jako stosunek luminancji w oświetlonej strefie stanowiska pracy, nie przekraczający stosunku 2:1. Oprawy realizujące rozsył rozproszony strumienia świetlnego mogą zawierać źródło punktowe lub źródło liniowe (światłówka) umieszczone w odbłyśniku rozpraszającym, z zamontowanym (lub nie) kloszem rozpraszającym. Przy doborze właściwego typu oprawy i jej odpowiedniego umieszczenia w stosunku do pola pracy wzrokowej (z uwzględnieniem kierunku i kąta padania światła) należy zawsze kierować się jak najlepszym stopniem ograniczenia

oślnienia od źródła światła i tej oprawy.

Ze względu na dużą różnorodność właściwości przedmiotów pracy wzrokowej i związanych z nimi wymagań oświetleniowych proponuje się, na podstawie [1], przyjęcie czterech charakterystycznych sposobów oświetlenia miejscowego, polegających na zróżnicowaniu umieszczenia opraw (rys. 1).

**Układ doświetlający** – zapewnia równomierne doświetlenie (bez cieni) pola pracy wzrokowej lub uwidocznienie szczegółów o małym kontraście (rys. 1a). Kierunek padania strumienia świetlnego w tym układzie nie odgrywa znaczącej roli.

**Układ odbijający do oczu** – zapewnia uwidocznienie szczegółu przez postrzeganie odbicia od przedmiotu pracy

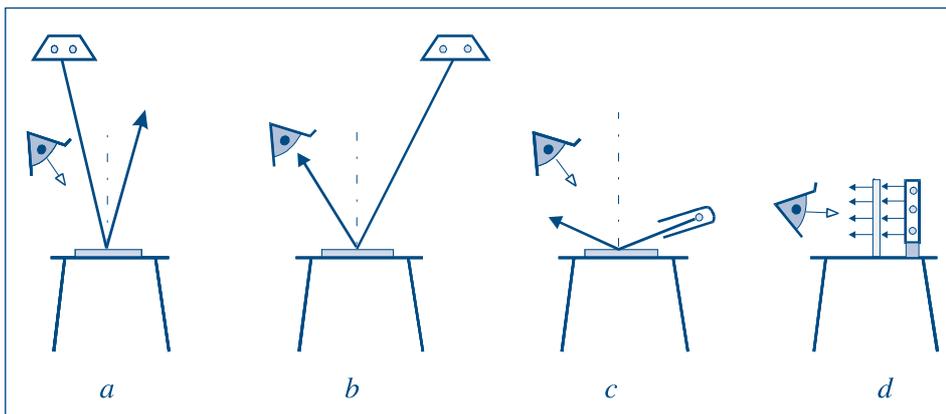
Wybór sposobu oświetlenia miejscowego wraz z typem zastosowanych opraw oświetlenia miejscowego zależy od cech przedmiotu (szczegółu) pracy wzrokowej (charakterystyka odbiciowa, cechy przestrzenne), z uwzględnieniem charakterystyki tła (kontrast przedmiotu pracy wzrokowej – tło) oraz zasad oświetlenia (ograniczenie przed wystąpieniem nadmiernego oślnienia). Typowe układy umieszczenia opraw oświetlenia miejscowego przedstawiono na rys. 1. W zależności od potrzeb mogą one ulec pewnym modyfikacjom polegającym na zwiększeniu liczby opraw poprzez umieszczenie ich np. po bokach stanowiska pracy, za lub przed stanowiskiem, czy z innych jeszcze kierunków. W takich sytuacjach oświetlenie miejscowe, zgodnie z normą [3], można zrealizować także za pomocą opraw oświetleniowych zainstalowanych na suficie lub na zwieszakach i odpowiednio rozmieszczonych nad stanowiskiem pracy.

Przykładowo do oświetlenia stanowisk pracy, na których wykonywana jest typowa praca biurowa (czytanie, pisanie) można zastosować jedną oprawę oświetlenia miejscowego zapewniającą szeroki rozsył światła, umieszczoną w lewej części biurka (rys. 1a) lub, np. układ dwóch opraw umieszczonych nad stanowiskiem, jedna z lewej – a druga z prawej strony.

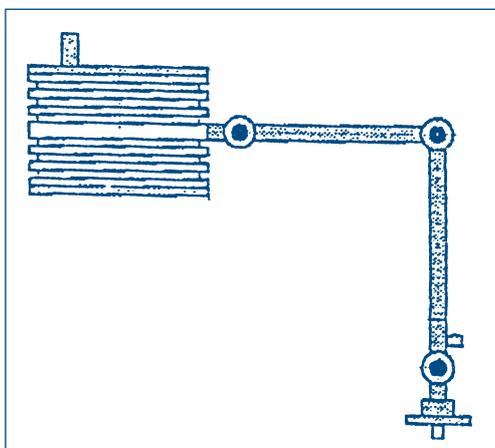
W przypadku oświetlenia błyszczących przedmiotów pracy wzrokowej występują kierunkowe odbicia światła. W celu uniknięcia postrzegania odbitego obrazu źródła światła w błyszczącym przedmiocie pracy wzrokowej należy stosować taki typ oprawy oświetlenia miejscowego i tak ją zainstalować, aby światło nie odbijało się w kierunku oczu (rys. 1c). Natomiast w celu uwidocznienia rys lub pęknięć na błyszczącym przedmiocie pracy wzrokowej wskazane jest takie umieszczenie oprawy oświetlenia miejscowego, aby światło po odbiciu od tego przedmiotu skierowane było do oczu (rys. 1b). Jednak luminancja odbicia nie powinna powodować oślnienia, dlatego należy stosować oprawy o małej luminancji.

## Badanie oświetlenia miejscowego

Zalecane w normach poziomy natężenia oświetlenia określonych pomieszczeń, maszyn i innych urządzeń lub czynności



Rys. 1. Układy umieszczenia opraw oświetlenia miejscowego: a – doświetlający, b – odbijający do oczu, c – odbijający kierunkowo, d – prześwietlający



Rys. 2. Oprawa obrabiarkowa, model LS 700-1 [4]

wzrokowej o małej równomiernej jasności (rys. 1b). Układ ten zapewnia dostarczenie np. pęknięć, znaków zrobionych punktami na matowym materiale, podziałek na suwmiarce itp.

**Układ odbijający kierunkowo** – umożliwia ujawnienie nierównomierności powierzchni przez powstanie cieni od tych nierównomierności, na skutek skierowania światła pod małym kątem względem powierzchni obserwowanego przedmiotu (rys. 1c). Promienie odbite kierunkowo nie trafiają do oka.

**Układ prześwietlający** – (z oprawą rozpraszającą) umożliwia prześwietlenie przedmiotu, np. obserwacja klisz rentgenowskich, pęknięć w materiale itp. (rys. 1d).

dotyczą warunków wyidealizowanych. Zakłada się bowiem, że oświetlenie jest rozproszone, a spostrzegane przedmioty pracy w zasadzie matowe. W rzeczywistości, podczas wykonywania pracy spostrzegane przedmioty mają zawsze właściwości odbijania kierunkowego, w różnym stopniu, padającego na nie światła. Efektem odbić kierunkowych może być znaczące zmniejszenie kontrastu luminancji między przedmiotem pracy wzrokowej a jego tłem.

Na podstawie opisanych w normie [3] badań dotyczących elektrycznego oświetlenia wnętrz przyjęto, że badanie oświetlenia miejscowego powinno obejmować:

- pomiar natężenia oświetlenia w przestrzeni pracy wzrokowej,
- wyznaczenie:
  - średniego natężenia oświetlenia,
  - minimalnej i maksymalnej wartości natężenia oświetlenia,
  - równomierności oświetlenia,
  - wskaźnika oddawania kontrastu (CRF) [2],
- sprawdzanie występowania:
  - olśnienia przykiego i odbiciowego,
  - tętnienia i zmian aperiodycznych światła,
- sprawdzanie (odczytanie z wyładowczego źródła):
  - wskaźnika oddawania barw ( $R_a$ ),
  - barwy światła (temperatury barwowej  $T_c$ ).

Sprawdzanie występowania olśnienia przykiego i odbiciowego oraz tętnienia światła powinno opierać się głównie na metodach subiektywnych, z uwzględnieniem uwag zawartych w normie [3].

Szczegółowy opis badanych parametrów przedstawiono w [2].

### Przegląd opraw przeznaczonych do oświetlenia miejscowego

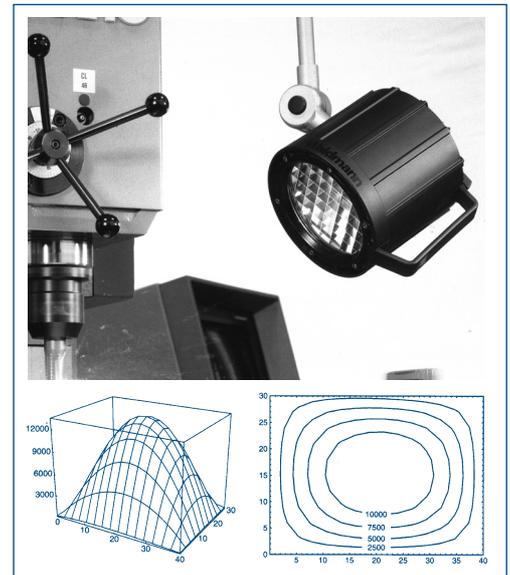
Przykładem stanowisk pracy, które nie mogą być dobrze oświetlone za pomocą oświetlenia ogólnego są stanowiska operatorów maszyn. Z pracą przy maszynach są związane różnego rodzaju zadania wzrokowe. Do typowych zadań wzrokowych można zaliczyć:

- ustawienie i mocowanie obrabianego materiału,
- obserwację procesu obróbki,
- nastawianie oraz sprawdzanie wartości na skalach i wskaźnikach.

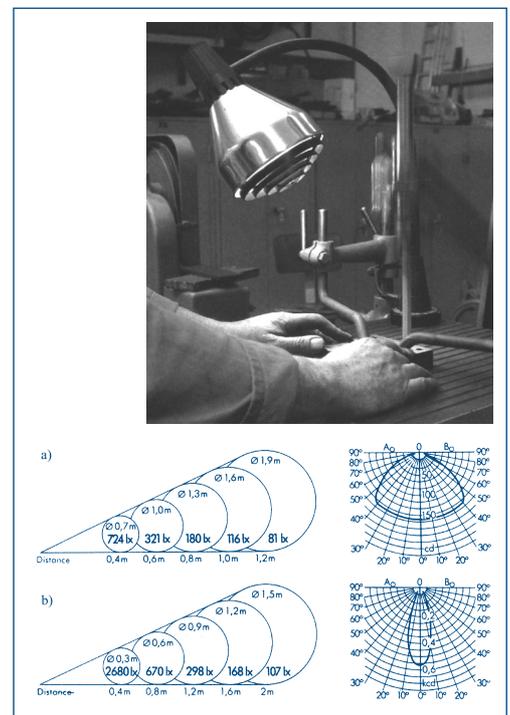
Każde z wymienionych zadań wzrokowych często wymaga innych warunków oświetleniowych. W niektórych warunkach idealne jest silne światło punktowe, w innych najlepsze jest równomierne oświetlenie o dużej powierzchni i o średnim poziomie natężenia oświetlenia. Pewne zadania wzrokowe wymagają, aby korpus oprawy był na stałe zamocowany, inne – aby oprawa była regulowana (w jednym, dwóch lub trzech miejscach). Prawie zawsze jest konieczna regulacja pochylecia części oprawy ze źródłem światła. Oddzielną kwestią jest ograniczenie olśnienia, wyeliminowania efektu stroboskopowego, izolacji termicznej opraw (szczególnie ze źródłem żarowym lub halogenowym), ochrony przed dotknięciem części pod napięciem i przedstawianiem się ciał stałych, albo wody (kod IP) oraz stopień zabezpieczenia pracownika przed porażeniem prądem elektrycznym (klasa ochronności).

Na podstawie obserwacji sposobów realizacji oświetlenia miejscowego maszyn można stwierdzić, że przeważają oprawy z halogenowymi źródłami światła. Oprawy te są wyposażone w różnego rodzaju układy optyczne. Przeważa konstrukcja złożona z odbłyśnika (o różnym kształcie i różnej fakturze) oraz klosza przezroczystego bądź, rzadziej, z elementami rozpraszającymi lub skupiającymi. Natomiast do oświetlenia stanowisk pracy typu biurowego oraz wyposażonych w monitory ekranowe stosuje się najczęściej oprawy z żarówkami: głównego szeregu lub halogenowymi oraz rzadziej ze świetłówkami kompaktowymi. Jednak zarówno w przypadku stanowisk z maszynami jak i typu biurowego przeważają oprawy miejscowe, o niskiej jakości ze względu na parametry świetlne produkowane przez firmy dalekowschodnie. Najbardziej niebezpieczne dla pracownika są spotykane jeszcze oprawy oświetlenia miejscowego ze źródłem halogenowym bez filtru ograniczającego promieniowanie nadfioletowe.

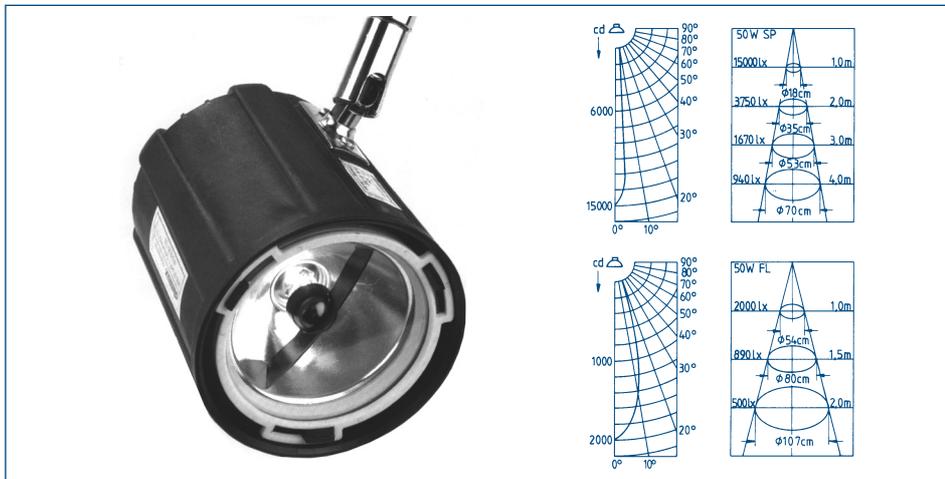
Przykładem obrabiarkowej oprawy halogenowej produkowanej w naszym kraju jest oprawa typu LS 700 (rys. 2) [4]. Jest ona wyposażona w źródło halogenowe typu H 3 o mocy 55 lub 70 W oraz klosz z elementami rozpraszającymi lub skupiającymi. W przypadku żarówki halogenowej o mocy 55 W oraz klosza z elementami rozpraszającymi średnie natęże-



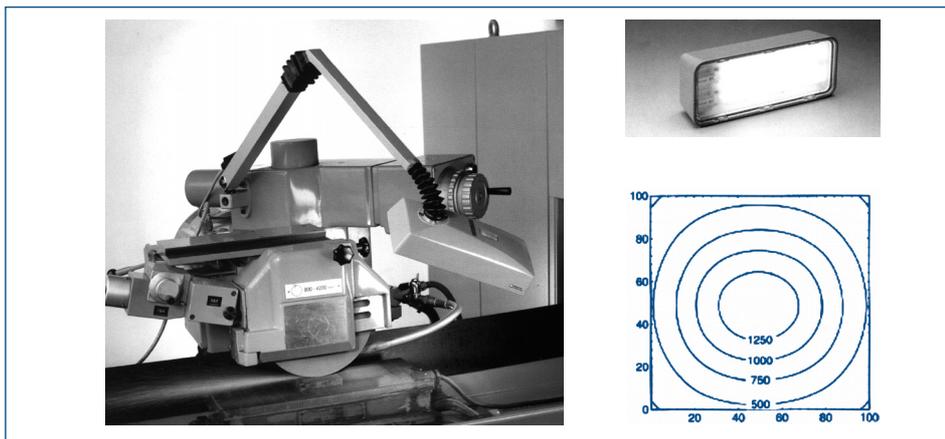
Rys. 3. Maszynowa oprawa halogenowa, model HGW 70 N oraz rozkład natężenia oświetlenia w przestrzeni i na płaszczyźnie roboczej [5]



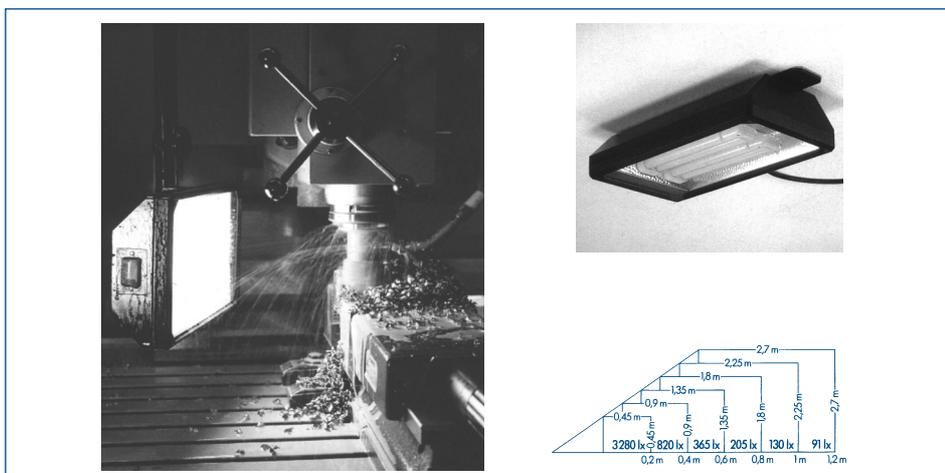
Rys. 4. Maszynowa oprawa żarowa, model VELUX VV 30 [7]: a – rozkład natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej i krzywa światłości ( $P = 100 \text{ W}$ ), b – rozkład natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej oraz krzywa światłości oprawy typu VELUX WATERPROOF ( $P = 60 \text{ W}$ )



Rys. 5. Maszynowa oprawa halogenowa, model HALO-LIGHT 70 oraz krzywe światłości i rozkłady natężenia oświetlenia ( $P = 50 \text{ W}$ ) dla dwóch rodzajów rozsyłu strumienia świetlnego [6]



Rys. 6. Maszynowa oprawa świetlówkowa, model WD 211 N oraz rozkład natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej ( $P = 2 \times 11 \text{ W}$ ) [5]



Rys. 7. Maszynowa oprawa świetlówkowa, model VELUX 18 oraz rozkład natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej ( $P = 2 \times 18 \text{ W}$ ) [7]

nie oświetlenia pod oprawą (z wysokości 35 cm) wynosi  $E_{sr} \approx 4000 \text{ lx}$  (przy natężeniu oświetlenia ogólnego  $E \approx 200 \text{ lx}$ ), równomierność  $\delta = 0,45$ . Przy zastosowaniu klosza z elementami skupiającymi  $E_{sr} \approx 5600 \text{ lx}$ ,  $\delta = 0,19$  (wyniki na podstawie pomiarów własnych). Oprawa ta jest najczęściej stosowaną oprawą oświetlenia miejscowego przy obrabiarkach do metali produkcji krajowej.

Na rys. 3 przedstawiono halogenową oprawę firmy Waldmann Lighting (seria HG.. lub HW.. 70) [5]. Oprawa ta ma aluminiowy, wysokopolerowany, paraboliczny raster, który w znacznym stopniu ogranicza olśnienie. Wykonana jest z aluminium, z osłoną termiczną, w następujących stopniach ochrony IP: 20, 54 i 65. Zastosowano żarówkę halogenową 55 W/12 V.

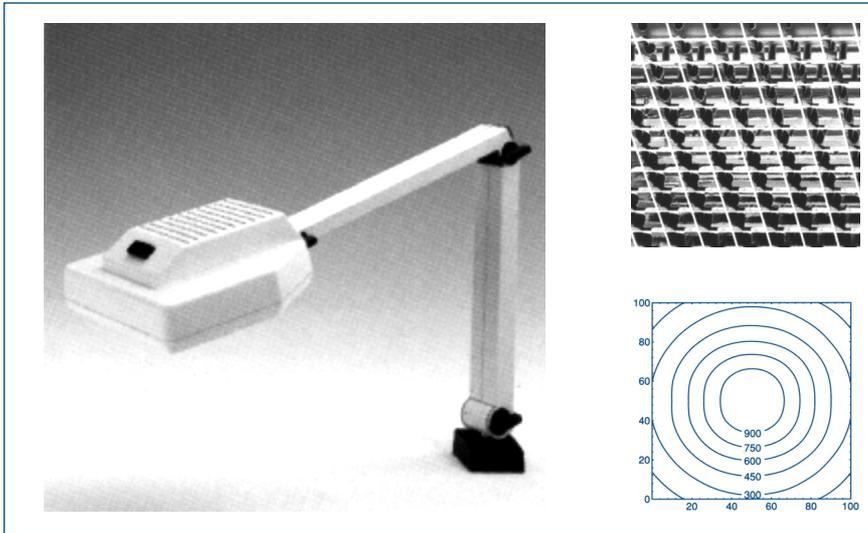
W oprawach żarowych typu VELUX firma [7] w celu ograniczenia olśnienia nakłada od strony szyby – plastikową, czarną „kratkę” (rys. 4). W oprawach tych są stosowane żarówki o mocy 60 i 100 W oraz układy świetlne o rozsyłe skupionym bądź mocno rozproszonym.

W inny sposób ograniczane jest olśnienie od źródła halogenowego w oprawach typu HALO-LIGHT 48, 70 i 100 [6] – rys. 5. Polega ono na stosowaniu metalowych nakładek na żarówkę halogenową, dzięki którym żarnik – element o największej wartości luminancji – jest całkowicie osłonięty, a równomierność powierzchni oświetlonej jest większa. Oprawa ta jest oferowana z żarówkami halogenowymi o mocach: 20, 50 i 75 W, ma wąski i głęboki rozsył strumienia świetlnego i stopień ochrony IP 54.

Inną grupę opraw oświetlenia miejscowego stanowią oprawy o dużej powierzchni świecącej, w których jako źródło światła zastosowano świetlówki kompaktowe. Przykładem takiej oprawy jest seria opraw typu WD – rys. 6 [5]. Zastosowano w niej dwie lub trzy świetlówki kompaktowe o mocy 6, 11 lub 15 W. Stopień ochrony – IP 54.

Firma [7] produkuje podobne oprawy o symbolu VELUX V 11 i 18 – rys. 7. Zastosowano w nich świetlówki kompaktowe o mocy odpowiednio 1x11 W lub 2x18 W. Stopień ochrony – IP 54.

Natomiast do oświetlenia miejscowego stanowisk pracy typu biurowego przewidziane są innego typu oprawy. Generalnie powinny to być oprawy niskolumi-

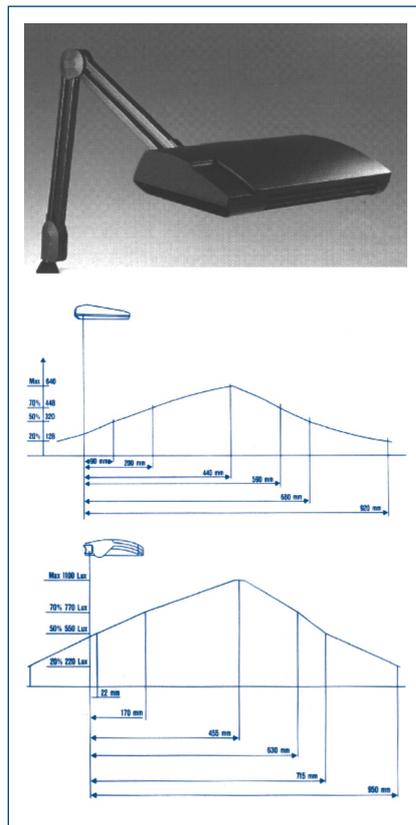


Rys. 8. Oprawa rastrowa, model WACOLUX 801 oraz rozkład natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej ( $P = 22 \text{ W} + 40 \text{ W}$ ) [5]

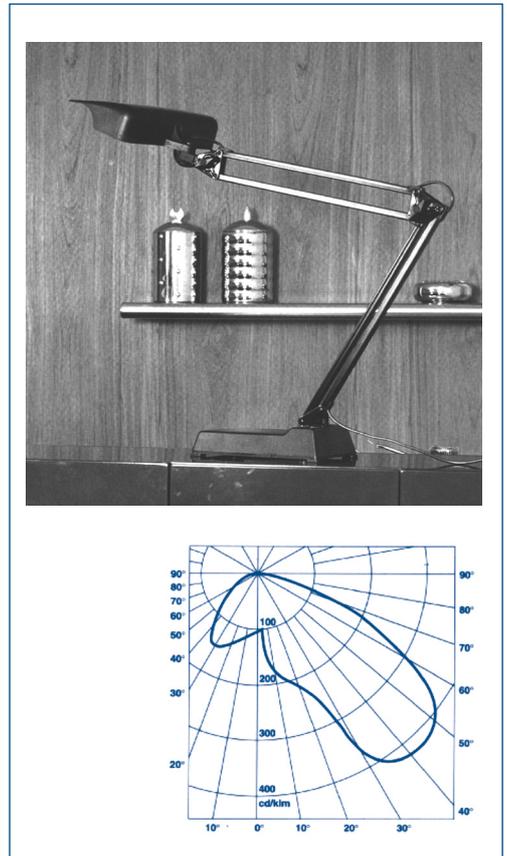
nancyjne o dużej powierzchni świecącej i tak zaprojektowanym odbłyśniku, który zapewni ograniczenie oślnienia na wystarczająco dużym obszarze. Warunki te spełnia oprawa typu WACOLUX 801 [5] – rys. 8. Zastosowano w niej świetlówkę kołową o mocy 22 W i żarówkę matową o mocy 40 W. Ochronę przed oślnieniem zapewniono stosując paraboliczny raster, pokryty aluminium o bardzo wysokim stopniu odbicia.

Interesującą grupę ze względu na asymetryczny kształt krzywej światłości – stanowią oprawy przedstawione na rys. 9 i 10. Są to oprawy o symbolach FL 18 i FL 24 [8], w których zastosowano świetlówki kompaktowe o mocach odpowiednio 18 i 24 W oraz oprawa – model WING [9] ze świetlówką kompaktową o mocy 11 W. Mogą one być z powodzeniem stosowane do oświetlenia stanowisk pracy z komputerami.

Niestety, w przypadku opraw miejscowych do oświetlania maszyn, oprócz wyrobu krajowego, pozostałe przedstawione typy są praktycznie niedostępne na naszym rynku. Natomiast do oświetlania stanowisk pracy typu biurowego jest nieco lepiej, ponieważ oprócz mało przydatnych opraw ze źródłami halogenowymi, dostępne są typowe oprawy ze świetlówkami kompaktowymi. Również osiągalne są oprawy ze świetlówkami kompaktowymi o asymetrycznym rozsyle światłości.



Rys. 9. Oprawa świetlówkowa, model FL-18 [8]:  
 a – rozkład natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej dla oprawy FL-18 ( $P = 18 \text{ W}$ ),  $h = 40 \text{ cm}$ ,  
 b – rozkład natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej dla oprawy FL-24 ( $P = 24 \text{ W}$ ),  $h = 40 \text{ cm}$



Rys. 10. Oprawa świetlówkowa, model WING oraz asymetryczna krzywa światłości ( $P = 11 \text{ W}$ ) [9]

## PIŚMIENICTWO

- [1] Bąk J.: *Podstawy oświetlania*. PWN, Warszawa 1981
- [2] Pawlak A.: *Wymagania i metoda oceny oświetlenia miejscowego*. Technika Świetlna. Poradnik – Informator, pod redakcją Władysława Dybczyńskiego i Jana Grzonkowskiego. T. II, Polski Komitet Oświetleniowy SEP, s. 115, Warszawa 1998
- [3] PN – 84/E – 02033 *Oświetlenie wnętrzem światłem elektrycznym*
- [4] Karta katalogowa firmy ACROLUX – Kraków
- [5] Katalog *Light Forms. Luminaires. Overall Range* Waldmann Lighting – Niemcy
- [6] Katalog *Sicherheit durch Light* ROHRLUX – Niemcy
- [7] Katalog part 3 (95/96) *Magnetic-base lighting fitting and task lights* MEYER – Niemcy
- [8] Katalog *Office Lighting LUXO* – Norwegia
- [9] Katalog opraw LIVAL – Finlandia