

**Iwonna Wybrańska\***

## **DOBÓR OŚWIETLENIA MIESZKAŃ I BUDYNKÓW MIESZKALNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ZASTOSOWANIA ENERGOOSZCZĘDNYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA**

W artykule określono podstawowe pojęcia dotyczące funkcjonowania oka ludzkiego i odbierania bodźców świetlnych. Podano podstawowe wymagania stawiane oświetleniu mieszkań i budynków mieszkalnych zawarte w dyrektywach UE oraz w normach. Zamieszczono zbiór definicji i pojęć stosowanych w technice świetlnej. Omówiono najczęściej stosowane źródła światła i oprawy oświetleniowe, zasady doboru oraz ekonomiczne aspekty stosowania energooszczędnych źródeł światła oraz eksploatacji instalacji oświetleniowych.

### **1. Budowa oka**

Zdolność układu nerwowego do odbierania bodźców świetlnych i przetwarzania ich w mózgu na wrażenia wzrokowe jest określana jako zmysł wzroku. Anatomiczną postacią tego zmysłu jest narząd wzroku, który składa się z gałki ocznej, aparatu ochronnego i aparatu ruchowego oka oraz połączeń nerwowych siatkówki oka ze strukturami mózgu.

Gałka oczna znajduje się w przedniej części oczodołu i porusza się dzięki ruchom mięśni ocznych w zagłębieniu utworzonym przez tkankę tłuszczową oczodołu i liczne powięzie. Wychodzący z niej nerw wzrokowy przechodzi przez otwór kostny do wnętrza czaszki i dalej do mózgu.

Oko ma w przybliżeniu kształt kuli o średnicy 24 mm, wypełnionej w większości bezpostaciową substancją (ciałkiem szklistym), znajdującej się pod ciśnieniem pozwalającym na utrzymanie jego kształtu.

Światło wpadające do oka biegnie przez rogówkę, komorę przednią oka, soczewkę i ciało szkliste, aby zakończyć swą podróż na siatkówce, wywołując wrażenie wzrokowe przekazywane do mózgu za pośrednictwem nerwów łączących się w nerw wzrokowy.

Rogówka, wraz z cieczą wodnistą, soczewką i ciałem szklistym, stanowią układ skupiający promienie świetlne, tak aby na siatkówce pojawiał się ostry obraz obserwowana-

---

\* mgr inż. – st. specjalista w Zakładzie Badań Ogniowych – Pracownia Sygnalizacji, Automatyki Pożarowej i Instalacji Elektrycznych

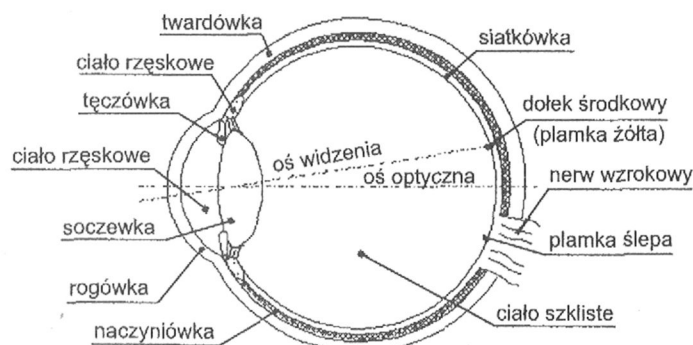
nego przedmiotu i dawał jak najostrzejsze wrażenie wzrokowe. Dlatego też soczewka ma możliwość zmiany swojego kształtu, a co za tym idzie, mocy optycznej. Pozwala to na ogniskowanie na siatkówce przedmiotów znajdujących się w różnych odległościach od oka. Zdolność tę nazywamy akomodacją. Ostre widzenie uzyskiwane jest wtedy, gdy ognisko obrazowe pokrywa się z siatkówką.

Jeżeli oko nie jest w stanie zogniskować światła dokładnie na siatkówce, mówimy o wadach wzroku. Moc optyczna oka nieakomodującego wynosi około +60 dioptrii, przy czym około 2/3 tej mocy przypada na rogówkę.

Do soczewki ocznej przylega tęczęwka, spełniająca rolę przysłony aperturowej kurczącej się pod wpływem bodźców świetlnych, co powoduje zmianę średnicy źrenicy wejściowej oka. Tęczęwka ma zdolność do zmiany apertury wejściowej oka w zakresie od 8 mm w ciemności do 2 mm przy intensywnym oświetleniu.

Siatkówka jako odbiornik promieniowania elektromagnetycznego zbudowana jest z dwóch rodzajów komórek światłoczułych: czopków i pręcików połączonych za pomocą nerwów z mózgiem. Czopki o względnie niskiej czułości przeznaczone są do obserwacji przy świetle dziennym. Ich maksymalne zagęszczenie występuje w dołku środkowym. Jeśli zatem obraz obserwowanego przedmiotu znajdzie się dokładnie w tym obszarze, uzyskujemy najlepszą zdolność rozdzielczą. Wraz ze spadkiem natężenia światła wpadającego do oka rośnie średnica źrenicy. W chwili gdy czułość czopków jest niewystarczająca do prowadzenia obserwacji, mimo dużych wymiarów źrenicy, funkcję receptorów przejmują pręciki. Pręciki znajdują się poza dołkiem środkowym, a największe ich zagęszczenie jest w odległości kątowej 15 stopni od jego środka (dlatego widzenie nocne nazywamy widzeniem peryferyjnym).

Przy dużym natężeniu światła pręciki chronione są przed nadmiarem światła za pomocą specjalnego barwnika. Jego działanie możemy zaobserwować przechodząc z ciemnego pomieszczenia do jasnego lub odwrotnie (efekt olśnienia). Proces przystosowania wzroku do warunków oświetlenia nazywamy adaptacją.

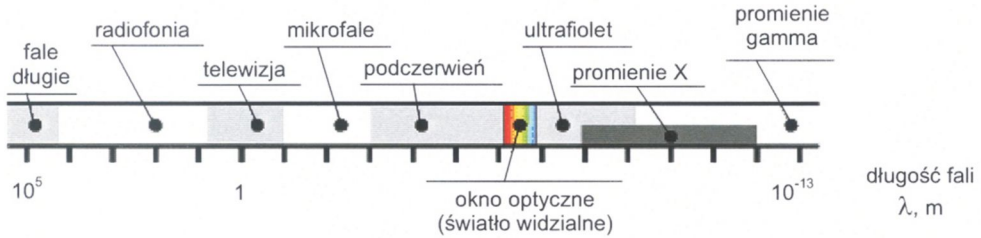


Rys. 1. Przekrój (budowa) oka  
Fig. 1. Section of human eye (structure)

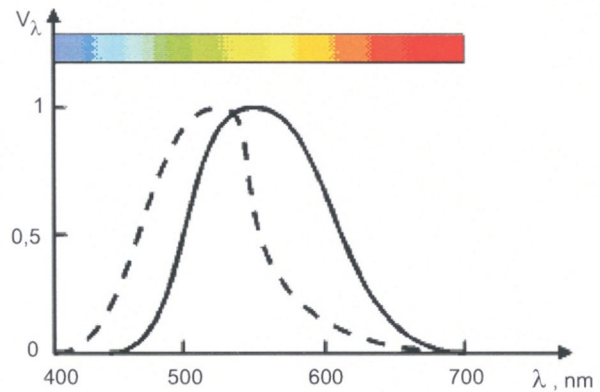
## 2. Kolory

Oko odbiera tylko część promieniowania padającego na postrzegany obiekt. Związane jest to z własnościami fizykochemicznymi rogówki, czopków i pręcików. Odbierane jest zatem tylko światło, które mieści się w tak zwanym zakresie widzialnym. Okno

optyczne to przedział długości fali elektromagnetycznej (światła) od około 400 nm (co odpowiada światłu o barwie fioletowej) do około 700 nm (co odpowiada światłu o barwie czerwonej). Powyżej długości 700 nm znajduje się niewidoczna dla człowieka podczerwień, a poniżej 400 nm, również niewidoczny, ultrafiolet (rys. 2). Do fal elektromagnetycznych zaliczamy także niewidoczne dla człowieka promienie gamma, promienie X i inne – całość została przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 2. Widmo promieniowania elektromagnetycznego  
Fig. 2. Electromagnetic radiation spectrum



Rys. 3. Krzywa czułości widmowej oka  
Fig. 3. Sensitivity spectral curve of eye

Na rysunku 3 zamieszczono wykres krzywej czułości widmowej oka ludzkiego dotyczącej widzenia jasnego (przy świetle dziennym – tzw. widzenie fopowe) i ciemnego – linia przerywana (widzenie nocne – tzw. widzenie skotopowe). Łatwo zauważyć najwyższą czułość oka w punktach 550 nm i 510 nm, malejącą wraz z oddalaniem się od tych maksimów, aż do osiągnięcia wartości zero na krańcach okna optycznego – jest to jednoznacznie ze ślepotą oka na światło o danej długości fali.

### 3. Wymagania dotyczące oświetlenia w budynku mieszkalnym w aspekcie dyrektyw UE

Zagadnienia związane z optymalizacją zużycia energii elektrycznej wiążą się ze stosowaniem energooszczędnych źródeł światła i dotyczą niżej wymienionych dyrektyw:

1. Dyrektywa elektroenergetyczna 2003/54/EC w sprawie wspólnych zasad dla wewnętrznego rynku energii elektrycznej, dotycząca w głównej mierze tworzenia rynku

wewnętrznego energii elektrycznej, czyli określenia zasad przesyłu, rozdziálu, dystrybucji energii elektrycznej oraz skutecznego, niedyskryminującego dostępu odbiorców do sieci. W dyrektywie tej podkreśla się, że „odbiorca będący gospodarstwem domowym powinien mieć zapewnione prawo do dostarczenia energii elektrycznej o określonej jakości”.

Dla oświetlenia (źródeł światła) napięcie zasilające ma istotne znaczenie. Wahania napięcia sieci (nawet nieduże, np. rzędu 10%) w stosunku do wymaganego napięcia nominalnego powodują znaczne zmniejszenie żywotności źródeł światła.

2. Dyrektywa 2002/91/EC, dotycząca jakości energetycznej budynków – charakterystyki energetycznej, czyli wartości energii zużywanej rzeczywiście lub szacowanej do spełnienia potrzeb związanych ze znormalizowanym użytkowaniem budynku, która może obejmować zużycie energii na ogrzewanie, ciepłą wodę, wentylację, chłodzenie i oświetlenie.

Budynek, w tym także jego systemy, takie jak ogrzewanie, wentylacja, oświetlenie musi być zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby ilość energii potrzebna do jego obsługi była jak najniższa. W fazie projektu należy uwzględnić warunki lokalne oraz nawyki użytkowników. W tym kontekście należy dążyć do zastosowania najlepszych dostępnych technik.

Poprawa ogólnej charakterystyki energetycznej budynku nie musi oznaczać całkowitej renowacji budynku, może być ograniczona do tych jego części, które są dla niej najbardziej właściwe i opłacalne, na przykład do zastosowania w budynku energooszczędnych źródeł światła.

Dokument zakłada kontynuację opracowywania norm, które dotyczą systemów klimatyzacji i oświetlenia – obliczania zapotrzebowania na energię dla tych systemów.

Wymagania dotyczące oświetlenia budynków mieszkalnych zawarte są w następujących normach:

- PN-EN 1593:2007 *Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia.*
- PN-EN 12464-1:2004 *Światło i oświetlenie – oświetlenie miejsc pracy – miejsca pracy we wnętrzach.* Miejsce pracy zdefiniowane w tej normie jest pojęciem szeroko rozumianym, dotyczącym różnych wnętrz, w tym także lokali mieszkalnych. Norma podaje wykaz wymagań oświetleniowych dla pomieszczeń oraz określa ogólne kryteria projektowania oświetlenia we wnętrzach.
- PN-EN 60598-1 *Oprawy oświetleniowe. Część 1: Wymagania ogólne i badania.* Norma klasyfikuje oprawy oświetleniowe pod kątem wymagań dotyczących konstrukcji opraw, przyłączania przewodów, ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym, stopnia ochrony IP, wytrzymałości elektrycznej i rezystancji izolacji, trwałości i odporności na ciepło.

3. Dyrektywa ramowa 92/75/EEC w zakresie efektywności energetycznej i etykietowania. Celem dyrektywy jest umożliwienie harmonizacji przepisów dotyczących podawania informacji o produkcie dotyczącej zużywanej przez niego energii, w szczególności informacji w formie etykiet oraz karty produktu załączonej do dostarczanego wyrobu. Dotyczy to urządzeń gospodarstwa domowego, takich jak pralki, lodówki, kuchenki itp., co umożliwi konsumentom wybór urządzeń energooszczędnych.

Dyrektywa wśród urządzeń gospodarstwa domowego uwzględnia również źródła światła, które powinny być oznaczane taką etykietą. Etykieta zawiera informacje o klasie energetycznej i podstawowych parametrach urządzenia, co daje konsumentowi możliwość porównania i wyboru urządzeń energooszczędnych. Ujednolicona etykieta energetyczna informuje o zużyciu energii przez źródła światła stosowane w gospodarstwach domowych.

#### 4. Wielkości i pojęcia stosowane jako kryteria projektowania oświetlenia [1], [2]

**Luminancja świetlna (jaskrawość)  $L$**  – stosunek strumienia świetlnego przenoszono-ego przez elementarną wiązkę promieniowania do pola przekroju wiązki promieniowania i kąta przestrzennego wiązki promieniowania; jednostką jest  $\text{cd}/\text{m}^2$ , czyli nit (nt). Rozkład luminancji w polu zadania wpływa na widzialność zadania oraz na wygodę widzenia. Aby to zapewnić, należy unikać zbyt wysokich lub zbyt niskich luminancji, a także zbyt wysokich lub zbyt niskich kontrastów luminancji, które powodują zmęczenie lub monotonię widzenia.

**Natężenie oświetlenia** – gęstość strumienia świetlnego padającego na daną powierzchnię; jednostką jest lux (lx),  $\text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2$ .

**Olśnienie** – stan procesu widzenia, w którym odczuwa się niewygodę widzenia albo obniżenie zdolności rozpoznawania przedmiotów, lub oba te wrażenia razem, na skutek niesprzyjającego rozkładu luminancji lub jej zbyt szerokiego zakresu czy zbyt nadmiernego kontrastu w przestrzeni i czasie.

**Olśnienie przykre** – olśnienie polegające na powstaniu dyskomfortu widzenia, niekoniecznie związane z zakłóceniem czynności wzrokowej.

**Olśnienie dekontrastujące i odbiciowe** – jaskrawe odbicia światła, które w polu zadania mogą zmieniać jego widzialność. Eliminuje się je poprzez odpowiednie rozmieszczenie opraw i rodzaj porycia oprawy.

**Oświetlenie kierunkowe (kierunkowość światła)** – stosowane w celu intensywnego oświetlenia obiektów lub osób, poprawienia ich wyglądu, podkreślenia faktury obiektów.

**Oddawanie barw** – dążenie do tego, aby barwy w otoczeniu obiektów i ludzkiej skóry były oddawane w sposób naturalny, który podnosi atrakcyjność wyglądu. Właściwości oddawania barw określa ogólny wskaźnik oddawania barw  $R_a$ . Jego maksymalna wartość wynosi 100 i maleje wraz ze spadkiem jakości oddawania barw. W pomieszczeniach, w których ludzie przebywają przez dłuższy czas, zaleca się stosowanie lamp o wskaźniku większym niż 80.

**Wskaźnik oddawania barw  $R_a$**  – miara stopnia zgodności psychofizycznego wrażenia barwy tego samego przedmiotu oświetlonego iluminatorem odniesienia, uwzględniająca już odpowiednią adaptację barwową obserwatora.

**Migotanie** – zjawisko, które powoduje dekoncentrację i może wywołać skutki fizjologiczne, na przykład ból głowy.

**Światło dzienne** – światło słoneczne biorące udział w oświetleniu pola zadania. Światło dzienne może być w pełni lub częściowo wykorzystane do oświetlenia pola zadania.

**Wygląd barwy** – zjawisko odnoszące się do widocznej barwy (chromatyczności) światła emitowanego przez lampę. Jest określony liczbowo przez najbliższą temperaturę barwową.

**Ostrość widzenia** – zdolność rozróżniania drobnych szczegółów powierzchni, między którymi odległość określona miarą kątową jest bardzo mała.

**Strumień świetlny  $\Phi$**  – moc wysyłana w postaci promieniowania świetlnego; jednostką jest lumen (lm). Jako strumień świetlny całościowy danego źródła określa się ilość energii przenoszonej przez fale świetlne w czasie. Dodatkowo dla opraw oświetleniowych określa się strumień świetlny półprzestrzeni dolnej i półprzestrzeni górnej. Strumienie te podają moc światła wysyłanego z oprawy odpowiednio w dół i w górę.

## 5. Podstawowe pojęcia stosowane w technice oświetleniowej oraz dotyczące opraw oświetleniowych [1], [2]

**Światłość źródła światła w danym kierunku** – stosunek strumienia świetlnego wysyłanego przez źródło światła w elementarnym kącie przestrzennym do wartości tego kąta; jednostką jest kandela (cd).

**Tętnienia światła** – zmienny w czasie strumień światła wysyłany przez elektryczne źródło światła (zmienność wynika z częstotliwości prądu zasilającego to źródło).

**Trwałość źródła światła** – całkowity czas użytkowania źródła światła, w ciągu którego emitowany strumień całkowity zmniejszy się do poziomu 85% wartości początkowej.

**Skuteczność świetlna źródła** – stosunek strumienia świetlnego wysyłanego przez źródło do pobieranej przez niego mocy, czyli ilość lumenów strumienia świetlnego z 1 wata mocy doprowadzonej do źródła światła; jednostką jest lm/W.

**Oświetlenie miejscowe** – oświetlenie dodatkowe przedmiotu pracy wzrokowej, sterowane niezależnie od oświetlenia ogólnego.

**Oświetlenie ogólne** – równomierne oświetlenie pewnej przestrzeni bez uwzględniania szczegółowych wymagań dla wyodrębnionych jego części.

**Oświetlenie podstawowe** – oświetlenie przewidziane dla danego rodzaju pomieszczenia, urządzenia lub czynności w normalnych warunkach pracy.

**Oświetlenie zlokalizowane** – oświetlenie o wyższym poziomie natężenia oświetlenia wyodrębnionych miejsc (np. jednego stanowiska pracy).

**Oświetlenie złożone** – system oświetlenia składający się z zastosowanych jednocześnie systemów oświetlenia ogólnego i miejscowego.

**Równomierność oświetlenia** – równomierność rozkładu natężenia oświetlenia na danej powierzchni wyrażona stosunkiem minimalnej wartości natężenia oświetlenia do średniej wartości natężenia oświetlenia na danej powierzchni, jednolitej pod względem wymagań oświetleniowych. Przyjmuje się również stosunek minimalnego do maksymalnego natężenia oświetlenia.

**Oprawa oświetleniowa** – urządzenie służące do rozsyłania, filtrowania lub przekształcania światła wysyłanego przez źródło światła, zawierające elementy niezbędne do umocowania i ochrony źródła światła oraz do przyłączania go do obwodu zasilającego.

**Klasa oświetleniowa oprawy** – w zależności od podziału strumienia świetlnego wysyłanego w górną i dolną półprzestrzeń oprawy dzieli się na 5 klas oświetleniowych, według danych z tablicy 1.

Tablica 1. Klasy opraw oświetleniowych  
Table 1. Type of lighting fittings

Klasa	Oprawa	Symbol	Procenty strumienia półprzestrzennego w strumieniu caoprzestrzennym	
			górnym	dolnym
I	Do oświetlenia bezpośredniego	K I	90 ÷ 100	0 ÷ 10
II	Do oświetlenia przeważnie bezpośredniego	K II	60 ÷ 90	10 ÷ 40
III	Do oświetlenia mieszanego	K III	40 ÷ 60	40 ÷ 60
IV	Do oświetlenia przeważnie pośredniego	K IV	10 ÷ 40	60 ÷ 90
V	Do oświetlenia pośredniego	K V	0 ÷ 10	90 ÷ 100

**Sprawność oprawy** – stosunek strumienia świetlnego wypromieniowanego przez oprawę do sumy strumieni świetlnych źródeł światła umieszczonych w oprawie.

**Współczynnik zapasu opraw** – współczynnik określający przewidywaną wartość spadku strumienia świetlnego źródła światła w czasie spowodowaną zarówno czynnikami zewnętrznymi (zabrudzeniem), jak i spadkiem skuteczności świetlnej źródła światła.

**Współczynnik utrzymania opraw** – współczynnik określający stosunek strumienia wytwarzanego przez lampę lub system oświetleniowy po określonym czasie świecenia, w określonych warunkach, do strumienia wytwarzanego przez lampę lub system, gdy był nowy.

## 6. Rozwój źródeł światła (techniki oświetlenia) [3], [4]

Terminem „energooszczędne źródła światła” określa się wszystkie źródła światła o dużej skuteczności świetlnej, czyli zużywające mniej energii elektrycznej do wyemitowania takiego samego strumienia świetlnego, jak przy źródle konwencjonalnym.

Do energooszczędnych źródeł światła należy zaliczyć źródła o skuteczności świetlnej powyżej 40 lm/W, do których należą: świetlówki fluorescencyjne, świetlówki kompaktowe, lampy rtęciowe, lampy sodowe, lampy metalohalogenkowe.

Świetlówkami kompaktowymi nazywa się lampy wyładowcze wyróżniające się małymi wymiarami, niskim poborem mocy i dużą skutecznością świetlną. Stanowią one korzystną alternatywę dla lamp żarowych, co umożliwia stosowanie energooszczędnych rozwiązań oświetlenia wnętrz. Zasadniczo wyróżnia się dwa typy świetlówek:

- typ SL – w postaci kilkakrotnie zgiętej rury wyładowczej, zapłonika i statecznika zintegrowanych umieszczonych w bańce zewnętrznej zakończonej trzonkiem gwintowym,

- typ PL z zewnętrznym statecznikiem tradycyjnym bądź elektronicznym i wewnętrznym zapłonnikiem.

Największą skuteczność świetlną mają niskoprężne lampy sodowe, których skuteczność świetlna dochodzi do ponad 200 lm/W. Najbardziej energochłonne są zwykłe żarówki o skuteczności świetlnej poniżej 20 lm/W. W tablicy 2 został przedstawiony wykaz źródeł światła produkowanych według rosnącej skuteczności świetlnej.

Tablica 2. Wykaz źródeł światła według rosnącej skuteczności świetlnej  
Table 2. List of light sources according to increasing luminous efficiency

Źródło światła	Skuteczność świetlna, lm/W
Żarówki zwykłe	9,2 ÷ 18,6
Żarówki halogenowe	10 ÷ 22
Świetłówki kompaktowe SL	39 ÷ 48
Wysokoprężne lampy rtęciowe	36 ÷ 60
Lampy indukcyjne QL	ok. 65
Świetłówki kompaktowe PL	44 ÷ 65
Świetłówki miniaturowe	30 ÷ 74

## 7. Ogólna charakterystyka opraw oświetleniowych [5]

Oprawa oświetleniowa jest to urządzenie stosowane do rozsyłania, filtrowania lub przekształcania światła wysyłanego przez źródło, zawierające elementy niezbędne do umocowania i ochrony źródła światła oraz do przyłączenia go do obwodu zasilającego.

Głównym zadaniem opraw oświetleniowych jest przekształcanie bryły fotometrycznej źródła światła umożliwiające właściwe wykorzystanie strumienia świetlnego zastosowanego źródła światła do określonych zadań oświetleniowych.

Istotne parametry opraw oświetleniowych to:

- klasa oświetleniowa,
- symetria bryły oświetleniowej,
- charakterystyka krzywej rozsyłu,
- sposób mocowania,
- stopień ochrony IP.

Nowoczesne oprawy oświetleniowe są tak skonstruowane, aby dostęp do wnętrza był łatwy i wygodny po zdjęciu pokrywy. Układ elektryczny jest montowany na płycie wyjmowanej i wkładanej bez użycia narzędzi, a połączenia elektryczne wykonane są jako wtykowe. Odbłyśniki stanowiące główny element układu optycznego oprawy produkuje się z materiałów o wysokim współczynniku odbicia światła. Oprawa oświetleniowa jest zawsze konstruowana z przeznaczeniem do określonego rodzaju źródła światła.



Poniżej podano kilka kryteriów podziału opraw oświetleniowych.

Pod względem estetycznym oprawy dzielą się na:

- oprawy ozdobne,
- oprawy techniczne wewnętrzne i oświetlenia zewnętrznego.

Stosowane źródła światła mają różne kształty. Mogą być kuliste, cylindryczne, elipsoidalne, grzybkowe i płaskie. Każdy rodzaj źródła światła wymaga odpowiedniej oprawy dostosowanej do jego gabarytów i kształtu oraz rodzaju trzonka, za pomocą którego dana lampa jest mocowana wewnątrz oprawy w wymaganej pozycji pracy.

Oprawy mogą być przeznaczone:

- do oświetlenia zewnętrznego,
- do oświetlenia pomieszczeń mieszkalnych,
- do oświetlenia pomieszczeń użyteczności publicznej,
- do oświetlenia pomieszczeń przemysłowych,
- do oświetlenia awaryjnego i informacyjnego.

Oprawy mogą kształtować następujące bryły fotometryczne:

- bryłę fotometryczną obrotową,
- bryłę fotometryczną symetryczną względem dwóch płaszczyzn pionowych wzajemnie prostopadłych,
- bryłę fotometryczną symetryczną względem jednej płaszczyzny pionowej.

Oprawy zapewniają następujące krzywe rozsyłu:

- rozsył bez uwydatnionego kierunku promieniowania,
- rozsył kierunkowy skupiony,
- rozsył kierunkowy rozwartokątny.

Stosuje się następujące sposoby mocowania opraw:

- stałe lub nastawne,
- do zawieszania,
- do nakręcania lub nasadzania,
- do nabudowania,
- do wbudowania.

Oprawy oświetleniowe powinny:

- być łatwe w montażu, właściwie umocowane i podłączone bezpośrednio lub za pomocą urządzeń pomocniczych (stateczników, zapłonników) do sieci zasilającej i obwodu ochronnego,
- zapewniać dostateczną ochronę źródeł światła i osprzętu zainstalowanego w oprawie od wpływów środowiska zewnętrznego (wilgoci, wody, kurzu, uszkodzeń mechanicznych) oraz zabezpieczać środowisko przed szkodliwym wpływem źródeł światła (temperaturą, promieniowaniem UV, wybuchem),
- mieć właściwie dobrane materiały antykorozyjne powłok ochronnych i ozdobnych, szczególnie na elementy układu świetlnego, odporne na wpływy środowiska, w którym pracują,
- mieć estetyczną postać pod względem formy, barwy i bryły, utrudniającą gromadzenie się pyłu i brudu na źródłach światła, kloszach i obudowie oraz formę harmonizującą z konkretnym otoczeniem,

Konstrukcja opraw oświetleniowych powinna być łatwo rozbierna, aby w transporcie nie zajmować zbyt dużo miejsca i nie nasręczać trudności montażowych. Konstrukcja

oprawy i zastosowane do jej budowy materiały powinny zapewniać uzyskanie wymaganych właściwości oprawy przy:

- najmniejszych stratach strumienia świetlnego źródła światła,
- najniższym koszcie materiałów i robocizny potrzebnej do jej wytworzenia,
- zachowaniu wymaganych własności możliwie przez cały okres użytkowania,
- najniższych kosztach konserwacji.

Przy doborze opraw w procesie projektowania instalacji oświetleniowej należy zwracać uwagę, aby spełniały wszystkie stawiane im wymagania.

Wszystkie wymienione warunki decydują o walorach funkcjonalno-eksploatacyjno-montażowych opraw oświetleniowych.

Montaż opraw oświetleniowych należy wykonywać na podstawie przyjętego projektu oświetlenia. Projekt powinien obejmować:

- dobór opraw i źródeł światła dokonany z uwzględnieniem kryteriów oświetleniowych, ekonomicznych i estetycznych,
- obliczenia rozkładu natężenia oświetlenia,
- plan rozmieszczenia opraw,
- plan instalacji zasilającej oprawy,
- obliczenia obciążenia i spadków napięć,
- zasady eksploatacji i konserwacji instalacji oświetleniowej.

Jako podstawowe wymagania należy przyjąć podane niżej zasady:

- Oprawy oświetleniowe i urządzenia oświetleniowe powinny być odpowiednio dobrane do środowiska i warunków pracy w miejscu zainstalowania.

- Liczba, rozmieszczenie i konstrukcja opraw powinna zapewniać wymagane natężenie, równomierność i odpowiedni stopień ograniczenia przed olśnieniem oświetlenia.

- Podstawowe oświetlenie wewnętrzne nie powinno być zasilane napięciem wyższym niż 250 V.

- W budynkach mieszkalnych przy zastosowaniu wspólnych obwodów oświetleniowych i gniazd wtyczkowych do jednego obwodu wolno przyłączyć nie więcej niż 10 opraw oświetleniowych.

- Obwody oświetlenia wewnętrznego podstawowego nie powinny mieć zabezpieczenia przekraczającego 25 A.

Podczas przyłączania przewodów zasilających oprawy oświetleniowe należy przestrzegać następujących wymagań:

- Przekrój przewodów zasilających nie może być mniejszy niż 1,5 mm<sup>2</sup>.
- Przewody zasilające oprawy oświetleniowej ułożone na stałe muszą mieć napięcie znamionowe izolacji nie niższe niż napięcie robocze izolacji, a przewody ułożone w rurach lub otworach prefabrykowanych elementów budowlanych – 750 V.

- Zaciski opraw oświetleniowych powinny być przystosowane do przyłączania przewodów o przekrojach od 1 mm<sup>2</sup> do 2,5 mm<sup>2</sup> w przypadku opraw mieszkaniowych i podobnych oraz od 1,5 mm<sup>2</sup> do 4 mm<sup>2</sup> w oprawach przemysłowych.

Oprawy oświetleniowe powinny być przyłączone do sieci:

- przez wprowadzenie przewodów sieci zasilającej do wnętrza oprawy,
- przez przyłączenie do sieci zasilającej przewodów wewnętrznych wyprowadzonych z oprawy,

- za pomocą przewodu przyłączeniowego z wtyczką wyprowadzonego z oprawy,
- za pomocą systemu przewodów szynowych.

Miejsce przyłączenia powinno być odciążone od naprężeń mogących wystąpić przy wyciąganiu przewodów z oprawy. Przewód ochronny powinien znajdować się w pobliżu zacisków i być wyraźnie oznakowany.

W budownictwie ogólnym stosuje się oprawy oświetleniowe mieszkaniowe oraz oprawy przeznaczone do pomieszczeń użyteczności publicznej. Oprawy oświetleniowe z reguły mocuje się na sufitach, w sufitach podwieszanych stropów i na pionowych ścianach. Na sufitach i stropach oprawy oświetleniowe mocuje się bezpośrednio lub zwieszając je na wypustach oświetleniowych i linach.

W sufitach podwieszanych stosuje się uniwersalne oprawy z rastrem do wbudowania w sufit. Najczęściej są to oprawy prostokątne jedno- lub dwuświatłówkowe o długości 1247 mm ze świetłówkami 36 W i o długości 1560 mm ze świetłówkami 58 W oraz oprawy kwadratowe 600 × 600 mm z trzema lub czterema świetłówkami o mocy 18 W. Oprawy do sufitów podwieszanych mogą mieć różne typy rastrów i dyfuzorów.

W prefabrykowanych stropach wielkopłytowych zamontowanie haka polega na wkręceniu go do zatopionej puszkii sufitowej z zatopionymi w karbowanej rurze przewodami zasilającymi.

W identyczny sposób puszki sufitowe i rury karbowane zalewane są w budownictwie monolitycznym. W stropach wielkopłytowych i prefabrykowanych nie można kuć bruzd.

Nie wolno używać kołków rozporowych z tworzyw sztucznych ze względu na zjawisko płynięcia pod wpływem obciążenia.

## **8. Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym [5]**

W instalacjach oświetleniowych należy stosować oprawy oświetleniowe tak wykonane, aby ich części czynne nie były dostępne dla dotyku, gdy oprawa została zainstalowana i podłączona do normalnego użytku oraz gdy jest otwarta w celu wymiany lamp lub innych części wymiennalnych (zapłonników). Na zewnętrznych powierzchniach opraw nie należy stosować elementów o izolacji podstawowej bez odpowiedniego zabezpieczenia przed przypadkowym dotykiem.

Ochrona ta jest zwana klasą ochronności oprawy, oznaczoną I, II, III według normy [5]. Oprawy klasy 0 nie są zalecane do stosowania ze względu na brak ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem pośrednim części przewodzących.

## **9. Ekonomiczne aspekty stosowania energooszczędnych źródeł światła**

W ciągu ostatnich lat nastąpił dość znaczny wzrost cen energii elektrycznej w stosunku do wzrostu płac. Sytuacja ta jest raczej nieunikniona z uwagi na prognozy coraz szybszego i większego eksploataowania złóż surowców energetycznych i coraz większego zapotrzebowania na energię elektryczną. Zachodzi więc potrzeba ograniczenia konsumpcji energii elektrycznej bez obniżenia standardu jej użytkowania – poprzez zastosowanie energooszczędnych odbiorników elektrycznych.

W dziedzinie techniki oświetleniowej postęp w zakresie energooszczędności jest coraz bardziej widoczny. Rosnące ceny energii oraz wzrastające wymagania odbiorców dotyczące jakości oświetlenia wymusiły opracowanie energooszczędnych źródeł światła.

Stosowanie żarówek stało się obecnie anachronizmem wobec nowoczesnych źródeł przewyższających je pod każdym względem. Żarówki są dziś konkurencyjne jedynie w chwili zakupu. Ich stosowanie ma dziś jedynie sens w miejscach i sytuacjach, gdzie oświetlenie jest wykorzystywane sporadycznie i stosowanie innego źródła światła nie jest ergonomiczne. Dotyczy to pomieszczeń, w których z oświetlenia korzysta się niezwykle rzadko, jak piwnice, strychy, pomieszczenia dodatkowe i pomocnicze. W pozostałych przypadkach należy wybierać źródła energooszczędne. Jedyną trudność to obfitość różnych typów źródeł światła i problem optymalnego ich wyboru. O zastosowaniu określonej lampy – obok jej skuteczności – decydują również cechy takie jak:

- barwa emitowanego światła,
- moc jednostkowa,
- estetyka oprawy,
- funkcja oświetlenia,
- koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

Oszczędzanie energii nie zawsze jest efektywne ze względu na długi czas amortyzacji instalacji elektrycznej, który w pewnych przypadkach może być dłuższy od trwałości lampy lub rzeczywistego czasu jej eksploatacji.

Zakup energooszczędnej lampy powinien się zwrócić w ciągu co najwyżej roku, a więc lampy te powinny być stosowane tam, gdzie są intensywnie eksploatowane.

Sposób wykorzystania instalacji oświetleniowej ma duży wpływ na wielkość zużycia energii elektrycznej. Decyduje o tym nie tylko wielkość mocy zainstalowanych lamp, ale czas i sposób ich wykorzystania. Istotną sprawą jest właściwe wykorzystanie oświetlenia naturalnego. Nie zawsze jest bowiem konieczne korzystanie z pełnej ilości zainstalowanych lamp i nie zawsze racjonalnie jest wykorzystywany czas ich załączenia. Liczba lamp i wielkość mocy zainstalowanego oświetlenia jest zwykle dobrana do warunków ekstremalnych i nie w każdym przypadku zachodzi potrzeba jej pełnego wykorzystania.

Najważniejsze sposoby oszczędzania energii w instalacjach oświetleniowych to:

- dostosowanie strumienia świetlnego do aktualnych potrzeb,
- ograniczenie czasu włączenia oświetlenia.

Zapotrzebowanie na oświetlenie jest zmienne, zwłaszcza w przestrzeniach otwartych oraz przy znacznym wykorzystaniu oświetlenia naturalnego. Dostosowanie poziomu oświetlenia do potrzeb umożliwi poważne oszczędności energii. Podstawową trudność stanowi zapewnienie odpowiedniego sterowania oświetleniem, które powinno automatycznie:

- kontrolować poziom natężenia oświetlenia w danej przestrzeni roboczej,
- sterować strumieniem świetlnym zainstalowanych lamp.

Sterowanie strumieniem świetlnym lamp może odbywać się skokowo, przez wyłączenie i włączanie części oświetlenia w instalacjach oświetleniowych z selekcjonowaniem obwodów albo całego oświetlenia przy stosowaniu przekaźników zmierzchowych, zegarów sterujących, lub w sposób ciągły przez sterowanie napięciem (lub prądem) zasilającym na przykład za pomocą tak zwanych regulatorów oświetlenia.

Najczęstszym sposobem ograniczania strumienia świetlnego lamp wyładowczych jest ich wyłączenie. Rozwiązanie to było i jest popularne w instalacjach oświetlenia wnętrz, zwłaszcza dużych pomieszczeń biurowych i przemysłowych. Przy stosowaniu dużej liczby lamp można je podzielić na grupy i włączać w miarę potrzeb. Oczywiście natężenie oświetlenia nie jest wówczas tak równomierne, jak przy pełnym oświetleniu. Metoda ta nie obniża jednak skuteczności świetlnej lamp. Poza tym lampy wyładowcze bardzo źle znoszą zbyt częste włączanie i wyłączenie. Lepszym rozwiązaniem jest częściowe ograniczanie mocy i strumienia świetlnego wszystkich lamp przez zastosowanie regulatora oświetlenia. Nie wszystkie lampy wyładowcze przystosowane są do obniżania napięcia zasilającego poniżej pewnego minimum. Poza tym w niektórych typach lamp następuje znaczny spadek skuteczności świetlnej, tak że stosowanie regulatorów staje się niecelowe.

Producenci źródeł światła określają zwykle optymalne sposoby ograniczania ich mocy lub zalecają specjalne typy lamp przystosowanych do regulowania oświetlenia. W tablicy 3 podano ogólne wiadomości na temat metod oraz skutków ograniczania mocy i strumienia niektórych rodzajów źródeł światła.

Tablica 3. Możliwości regulowania oświetlenia

Table 2. Options of lighting regulation

Typ lampy	Możliwość regulowania	Rodzaj regulatora	Sposób pracy regulatora	Skutki działania	Uwagi
Żarówki zwykłe	bez ograniczeń	tyrystorowy	ciągła	wzrost żywotności	zalecane
Żarówki halogenowe	bez ograniczeń	tyrystorowy	ciągła	spadek skuteczności	niecelowe
Świetlówki	do 50%	tyrystorowy	reg. napięcia	niestabilność	nie zalecane
		tranzystorowy	częstotliwości	nie znane	zalecane

## 10. Ograniczenia w zastosowaniu świetlówek kompaktowych

Efekt stroboskopowy jest to efekt występujący wówczas, gdy poruszające się ciało oświetlane jest migającym światłem.

Zazwyczaj miganie (szybkie włączanie i wyłączenie) jest odpowiednio synchronizowane, tak aby wykorzystać efekt zwolnienia lub nawet zatrzymania ruchu.

Efekt stroboskopowy, czyli pozorny bezruch lub nieprawidłowe wrażenie prędkości części wirujących maszyny oświetlanych lampami wyładowczymi, stwarza wysokie ryzyko wypadków.

Do zasilania źródeł światła w budynkach służy prąd przemienny. W przypadku żarówek przepływający prąd powoduje wydzielanie się mocy na żarniku, który rozgrzewa się do bardzo wysokiej temperatury, co powoduje emisję światła. Stosunkowo duża bezwładność cieplna sprawia, że pomimo ciągłych zmian wartości chwilowych prądu temperatura żarnika nie zmienia się aż tak gwałtownie. Skutkuje to równomiernym świeceniem – niewielkie wahania są niezauważalne dla ludzkiego oka.

W przypadku lamp fluoroscencyjnych świecenie powstaje w wyniku przepływu prądu przez gaz. Ponieważ wartości chwilowe prądu zmieniają się, również i jonizacja gazu podlega podobnym zmianom. Powoduje to migotanie emitowanego światła.

W przypadku świetlówek kompaktowych stateczniki elektroniczne zasilają świetlówkę prądem o częstotliwości od 20 kHz do 45 kHz, lecz w lampach fluorescencyjnych z elementem ograniczającym prąd w postaci dławika, zasilanych bezpośrednio z sieci energetycznej (50 Hz), zmiany te są niezbyt szybkie (100 razy na sekundę), choć ludzkie oko ich nie rejestruje. Dłuższe przebywanie lub ciągła praca przy tego typu świetle może powodować zmęczenie wzroku. Co więcej, migotanie światła może wywołać efekt stroboskopowy. Powstaje on na przykład podczas oglądania wirującego wirnika silnika elektrycznego przy świetle ze świetlówki. Jeżeli świetlówka miga 50 razy na 1 s i przedmiot, który oświetlamy, również pracuje z taką częstotliwością, wtedy nie zauważymy ruchu.

## 11. Podsumowanie

Do wymiany wszystkich źródeł światła z żarowych na świetlówkowe w mieszkaniach zniechęca konsumentów stosunkowo wysoka cena świetlówki w porównaniu z żarówką. Dlatego też nie ma powszechnego przekonania o praktycznych zyskach ze stosowania świetlówek, mimo że ich trwałość jest dłuższa, a oszczędność energii znacznie większa.

W tablicy 3 zestawiono dane określające żarówki i świetlówki pod względem strumienia świetlnego i mocy.

Tablica 3. Porównanie parametrów żarówek głównego szeregu i odpowiadających im świetlówek kompaktowych różnych producentów

Table 3. Comparison of parameters of bulbs and fluorescent lights

Producent	Żarówki		Świetlówki	
	moc, W	strumień świetlny, lm	moc, W	Strumień świetlny, m
X	60	630	12	600
	100	120	20	1160
Y	60	710	11	600
	100	1340	20	1200
Z	60	710	11	600
	100	1360	20	1200

## Bibliografia

- [1] Bąk J.: Oświetlenie mieszkań. WNT, Warszawa 2000
- [2] PN-EN 12464-1:2004 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Miejsca pracy we wnętrzach

- [3] Poradnik inżyniera elektryka, t. 3, rozdz. 9.2.2. Sposoby układania przewodów. WNT, Warszawa 2005
- [4] PN-EN 1593:2007 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia
- [5] PN-EN 60598-1 Oprawy oświetleniowe. Część 1: Wymagania ogólne i badania

SELECTION OF LIGHTING FOR FLATS AND RESIDENTIAL BUILDINGS  
WITH TAKING INTO CONSIDERATION THE USE OF ENERGY  
– EFFICIENT SOURCES OF LIGHT

Summary

The paper deals with defining some basic terms concerning functions of human eye and colours perception. Then it describes basic requirements for flat and residential building lighting included in EU directives and standards. The publication includes definitions and terms which are used in lighting technology. It also discusses the most commonly used lighting sources and lighting fittings and economical aspects of using energy-efficient lighting sources and exploitation of lighting system.

*Praca wpłynęła do Redakcji 28 XI 2008*