

T. DOBROWOLSKI



ŚWIETŁÓWKA
i jej zastosowanie



Mgr inż. TADEUSZ DOBROWOLSKI

628.9.621.327.43

ŚWIETLÓWKA I JEJ ZASTOSOWANIE



WARSZAWA 1955
PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Opiniodawcy
doc. L. Berson
mgr inż. I. Baran
Redaktor naukowy PWT
inż. W. Scharf

*

W książce omówiono warunki dobrego widzenia przy oświetleniu sztucznym, budowę i działanie świetlówek oraz ich zastosowanie do oświetlenia wnętrz mieszkalnych, przemysłowych i użytkowych.

Książka jest przeznaczona dla robotników przemysłu świetłowego, przemysłu sprzętu oświetleniowego, monterów instalacji świetłowych i dla osób pragnących zapoznać się z budową i działaniem świetlówek oraz z ich zastosowaniami.

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Redaktor techniczny *S. Skotnicki*

Korektor techniczny *H. Żłobnicka*

PWT Warszawa 1955. Wyd. 1. Nakład 3151 egz. Ark. wyd. 5,2. Ark. druk. 4,5. Format A5.
Pap. ilustr. kl. V, 70 g, 610×860/16. Rękopis oddano do składania 2. 5. 55.

Podpisano do druku 23. 9. 55. Druk ukończono 29. 9. 55. Symbol 75214/En. Cena zł 3,20.

Bielskie Zakłady Graficzne, Zakład 2, Bielsko, Mickiewicza 7, - Zam. 6634 z dn. 1. 6. 55.
R-6-9143

1. WSTĘP

Podczas godzin, w których nie możemy korzystać z naturalnego światła dziennego, lub w miejscach pozbawionych tego światła, tylko sztuczne oświetlenie pozwala na rozróżnianie szczegółów otoczenia i wykonywanie jakiejkolwiek pracy wymagającej widzenia.

Do niedawna, bo do końca ubiegłego stulecia oświetleniu sztucznemu poświęcono bardzo mało uwagi. Dopiero zastosowanie elektryczności do wytwarzania sztucznego światła oraz wzrost wymagań w zakresie oświetlenia spowodowany ogólnym rozwojem życia gospodarczego i kulturalnego sprawiły, że w ostatnich dziesięciokach lat powstała i rozwinęła się nowa dziedzina nauki — nauka o świetle i oświetleniu nazwana techniką świetlną.

Nauka ta zajmuje się całokształtem zagadnień związanych z postępem technicznym w dziedzinie produkcji elektrycznych źródeł światła i sprzętu oświetleniowego oraz wszystkimi zagadnieniami dotyczącymi takiego wykorzystania światła, żeby w każdym przypadku oświetlenie było dostateczne i odpowiednie do celu jakiemu ma służyć.

Dobre oświetlenie, czyli oświetlenie dostateczne i odpowiednie ma bowiem ogromne znaczenie dla człowieka, gdyż nie tylko chroni wzrok przed zmęczeniem, lecz również podnosi piękno otaczających nas przedmiotów, stwarza przyjemny nastrój, czyni nas weselszymi, pomaga przy pracy, sprzyja utrzymaniu czystości oraz oddziałuje dodatnio na nasze samopoczucie, co z kolei ma dobry wpływ na dokładność i wydajność naszej pracy. Złe oświetlenie ma w większym lub mniejszym stopniu wpływ przeciwny.

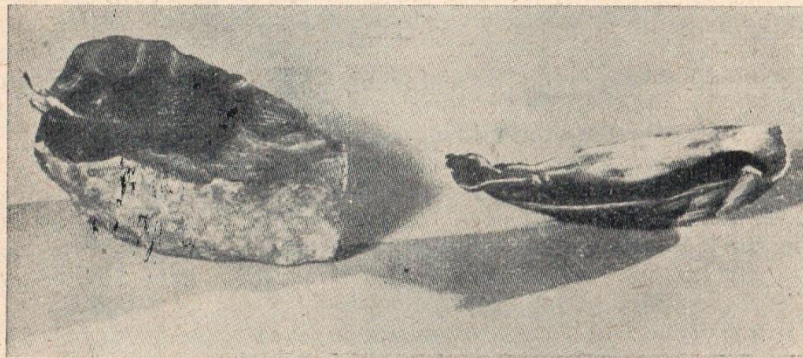
W pracy niniejszej, omawiającej mały wycinek bardzo już dziś rozległej wiedzy o oświetleniu, zapoznamy czytelnika z nową lampą elektryczną, zwaną świetlówką oraz ze sposobami jej racjonalnego wykorzystania w tych dziedzinach, z którymi każdy z nas styka się.

2. ROZWÓJ ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Pierwszym w zaraniu historii ludzkości źródłem sztucznego ciepła i światła zarazem był prawdopodobnie płomień, który powstał od pioruna lub od roztopionej lawy wyrzucanej przez wulkany, czynne wówczas w dużej ilości. Niezwykłość zjawiska

spalania tak bardzo odbiegającego od wszystkich zjawisk, z którymi miał do czynienia człowiek pierwotny, była powodem tego, iż przez wiele stuleci ogień był przedmiotem kultu religijnego, utworzonego i podtrzymywanego przez pogańskich kapłanów, którzy pierwsi nauczyli się rozniecać ogień i obchodzić z nim należycie. Z biegiem lat człowiek oswoił się z ogniem i stopniowo nauczył się wykorzystywać go do swoich potrzeb.

Ognisko rozpalane w jaskiniach lub na postojach wędrownych szlaków naszych praojców zaczęło służyć jako źródło ciepła do gotowania stawy i łagodzenia chłodu nocy; jednocześnie było ono źródłem sztucznego światła, pozwalającym na wykonywanie prymitywnych czynności obozowych i odstrasżającym zarazem dzikie zwierzęta, krążące w porze nocnej dookoła osiedli ludzkich.



Rys. 1. Lampy pochodzące z wykopalisk; światło wytwarzano w nich przez spalanie tłuszczu zwierzęcego

Wszystkie późniejsze udoskonalenia źródeł sztucznego światła aż do połowy ubiegłego stulecia były oparte na spalaniu ciał stałych lub płynnych, czyli na tej samej zasadzie, na jakiej powstaje światło w płonącym stosie drewna. Płomień łuczywa, lampy olejowej, kaganka, świecy woskowej, parafinowej lub stearynowej bądź też lampy naftowej, stanowiących kolejne etapy rozwoju tak zwanych płomiennych źródeł światła (rys. 1 i 2), niczym się nie różnił w zasadzie od płomienia, który ogarnął pień drzewa zapalony przez piorun. Te coraz bardziej udoskonalane źródła światła były zatem i pozostały płomiennymi źródłami światła, a wysiłek wynalazców polegał na wydobyciu z nich jak największej ilości światła i zapewnieniu jak największego bezpieczeństwa ich użytkowania.

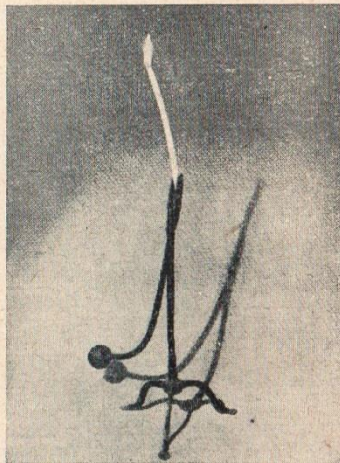
Długi okres panowania płomiennych źródeł światła, głównie okres panowania świecy używanej do dziś jeszcze, wywarł duży

i wyraźny wpływ na kształtowanie się późniejszych form opraw oświetleniowych do żarówek, to jest świeczników i żyrandoli, które pierwotnie służyły przede wszystkim jako mechaniczna podstawa zabezpieczająca otoczenie przed pożarem. Względy oświetleniowe nie były wówczas na ogół brane pod uwagę.

Dalszym ważnym krokiem w dziedzinie doskonalenia źródeł światła było zastosowanie do oświetlenia gazu, otrzymywanego z węgla za pomocą tak zwanej suchej destylacji, lub gazu naturalnego, zwanego gazem ziemnym. Gaz wychodzący z rurki palnika spalano początkowo bezpośrednio, czyli tak jak spalano w płomiennych źródłach światła drewno, tłuszcz zwierzęcy, stearynę lub naftę. Otrzymywano w ten sposób chybliwy płomień o niebieskawym zabarwieniu, dający niewiele światła.

Dopiero chemik austriacki K. Auer von Welsbach udoskonalił lampę gazową wynajdując inny sposób wykorzystania gazu do celów oświetlenia. W lampie jego pomysłu światło nie pochodzi bezpośrednio od płomienia gazu, lecz od siatki wykonanej z tkaniny nasyconej solami metali (zwanej siatką Auera), rozżarzonej przez spalający się gaz. W ten sposób powstały lampy gazowo-żarowe, dające stosunkowo silne i równe światło, w których jako paliwo stosowano nie tylko gaz, lecz również naftę i benzynę. Lampy te, stanowiące znaczny postęp w doskonaleniu źródeł światła, znalazły powszechne zastosowanie. Są one i dziś jeszcze używane w niezmienionej prawie postaci, głównie do oświetlenia ulic w miejscowościach dysponujących tanim gazem węglowym lub naturalnym gazem ziemnym.

Zasadniczy jednak przełom w sposobach wytwarzania sztucznego światła nastąpił dopiero w latach 1850 do 1880. Przyczyniły się do tego w dużej mierze prace uczonego rosyjskiego W. W. Pietrowa oraz uczonego angielskiego H. Davy'ego. Wskazując na możliwość wykorzystania do wytwarzania sztucznego światła energii elektrycznej utorowali oni drogę nowym wynalazkom, opartym na innej niż dotychczas zasadzie. Powstały pierwsze elektryczne źródła światła lampą łukowa i żarówka elektryczna.



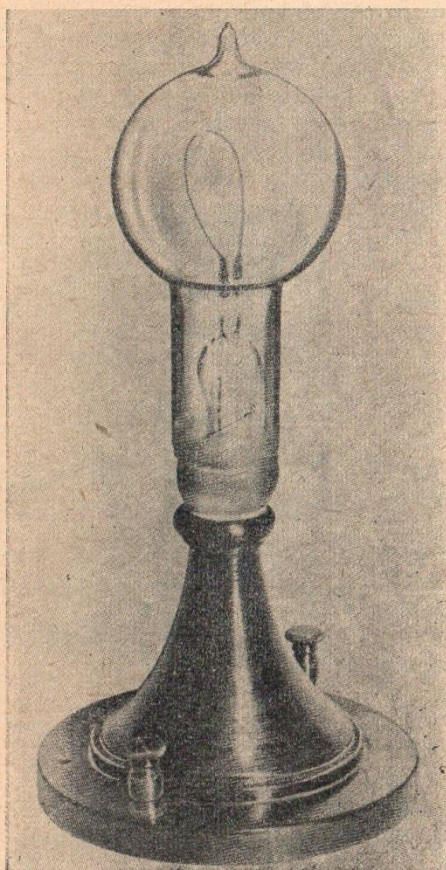
Rys. 2. Kaganek — jedno z pierwszych źródeł światła

Praktycznego rozwiązania budowy lampy łukowej dokonał Rosjanin P. P. J a b ł o c z k o w. Lampa zbudowana przez niego w 1879 roku znalazła zastosowanie w Rosji oraz w wielu

stolicach Europy zachodniej pod nazwą świecy J a b ł o c z k o w a.

Pomimo wniesienia szeregu udoskonaleń do budowy lampy łukowej, pozostała ona nadal kosztowna i niewygodna w użyciu, toteż jej zastosowanie ogranicza się dziś jedynie do niektórych celów specjalnych (duże reflektory przeciwlotnicze, kopiarki do rysunków technicznych i tym podobne).

Rozwój elektrycznych źródeł światła skierowany został w kierunku znacznie tańszych i praktyczniejszych w użyciu lamp żarowych, zwanych w skrócie żarówkami. Prototyp żarówki, opracowany przez rosyjskiego wynalazcę A. A. Łodygina, ulepszył i opatentował w 1879 roku Amerykanin A. T. Edison (rys. 3).



Rys. 3. Tak wyglądała żarówka Edisona opatentowana w 1879 r.

Zasada działania żarówki jest prosta: pod wpływem przepływającego prądu elektrycznego cienki metalowy drucik (wykonany z wolframu i zwinięty zwykle w śrubową skrętkę), zwany żarnikiem, osiąga wysoką temperaturę (2000 do

2700 °C) i świeci dobrze nam znanym jasnym światłem. Żarnik jest zamknięty w szklanej bańce, z której usunięto powietrze.

Pomimo prostej zasady działania żarówki i pozornej prostoty jej budowy setki uczonych i wynalazców pracowało przez szereg lat, zanim żarówka osiągnęła dzisiejszą swą postać (rys. 4).

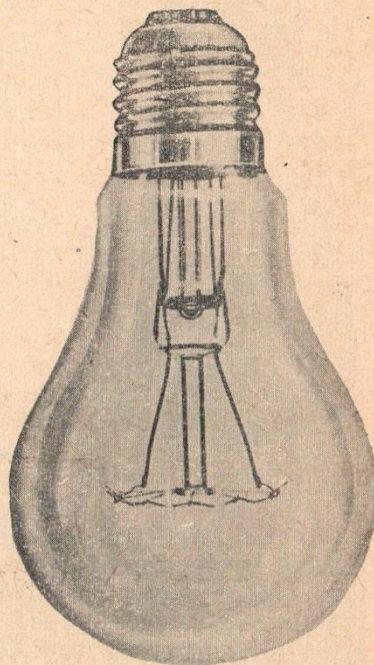
Szybkie rozpowszechnienie żarówki należy przypisać jej wielkim zaletom, nie spotykanym przy płomiennych źródłach światła

i lampach żarowo-gazowych. Żarówki są trwałe i tanie, łatwo się je zaświeca i gasi, można je nabyć w prawie dowolnej wielkości, czyli o dowolnym strumieniu świetlnym (patrz rozdz. 4.2), ich światło jest bardziej zbliżone do światła dziennego niż światło lamp płomiennych i żarowo-gazowych, można je zawieszać w dowolnym miejscu i dowolnie kierować ich światłem nie obawiając się przy tym pożaru.

Żarówki mają jednak i wady, których pomimo wysiłków najwybitniejszych uczonych nie dało się usunąć, gdyż wynikają one ze znanych praw fizyki. Główna wada żarówek polega na tym, że z pobranej przez nie z sieci energii elektrycznej, mierzonej przez zainstalowany w każdym mieszkaniu licznik, zaledwie 4 do 6% przetwarzają one na światło, podczas gdy reszta energii wydziela się w postaci niepotrzebnego, a nawet niepożądanego ciepła.

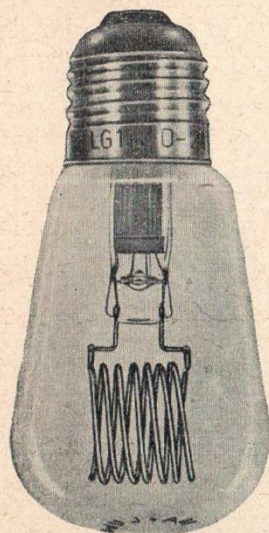
Żeby udoskonalić żarówki w kierunku przetwarzania na światło większej ilości energii elektrycznej pobieranej z sieci, czyli uczynić je bardziej wydajnymi, zmieniano materiał i budowę żarnika, udoskonalano metody produkcji, wypełniano bańkę odpowiednimi gazami i czyniono szereg innych zabiegów. W rezultacie pięćdziesięcioletnich wysiłków osiągnięto prawie dziesięciokrotne zwiększenie wydajności świetlnej żarówek z 1,4 lumena (patrz rozdz. 4.2) na 1 wat — żarówki Edisona z 1879 roku — na 8 do 20 lumenów na 1 wat — żarówki obecnie produkowane, przy trwałości równej 1000 godzin. (Trwałością żarówki nazywamy liczbę godzin świecenia nowej żarówki od pierwszego zaświecenia do chwili przepalenia się żarnika).

Następne 20 lat pracy nad ulepszaniem żarówki nie dały już istotnych wyników, według bowiem praw fizyki zwiększenie wydajności świetlnej żarówki jest możliwe tylko przez podniesienie temperatury żarnika, co pociąga za sobą szybkie jego parowanie i rozpylanie, a zatem zmniejszenie trwałości żarówki.



Rys. 4. Współczesna żarówka elektryczna 60-watowa produkcji krajowej

W tym stanie rzeczy wydaje się, że obecnie produkowana żarówka mimo wielu wad znajduje się już prawie u szczytu swojej doskonałości i wszelkie dalsze ulepszenia wniesione do jej budowy mogą tylko nieznacznie podnieść jej jakość.

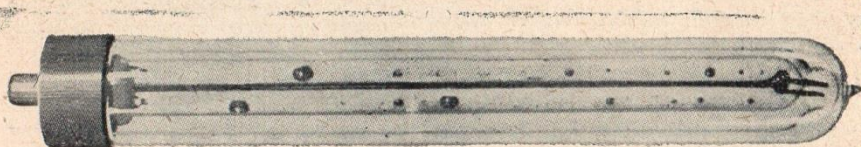


Rys. 5. Lampa neonowa

Żeby doprowadzić do lepszego wykorzystania energii elektrycznej niż ma to miejsce w żarówkach uczeni zaczęli poszukiwać innych sposobów wytwarzania sztucznego światła. W wyniku tych poszukiwań powstało w okresie międzywojennym nowe źródło światła, którego zasada działania jest następująca.

Jeśli ze szklanej rurki wypompujemy prawie zupełnie powietrze i do wtopionych w jej dwa końce metalowych części o odpowiednim kształcie (zwanym elektrodami) doprowadzimy prąd elektryczny o odpowiednim napięciu, to zauważymy, że pod wpływem przepływającego prądu wewnątrz rurki pomiędzy elektrodami zacznie świecić. Świecenie to nazwano jarzeniem, a lampom w których powstaje ono, nadano ogólną nazwę lamp wyładowczych.

Z punktu widzenia sposobu wytwarzania światła lampy wyładowcze różnią się więc zasadniczo od płomiennych źródeł światła — lamp żarowo-gazowych i żarówek elektrycznych — w których świecą rozżarzone pod wpływem wysokiej temperatury ciała stałe (na przykład cząsteczki węgla — w płomieniu, siatka Auera — w lampie gazowo-żarowej lub żarnik — w żarówce



Rys. 6. Wyładowcza lampa sodowa. Wewnątrz lampy widoczne są kropelki sodu, który podczas działania lampy paruje. Lampa sodowa musi pracować w położeniu poziomym (takim jak na rysunku)

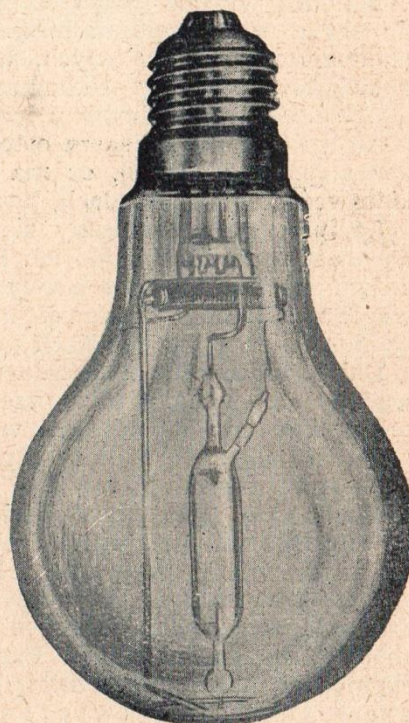
elektrycznej). W lampach wyładowczych natomiast wytwarzanie światła odbywa się nie pod wpływem temperatury, lecz wskutek tak zwanego wzbudzenia atomów (czyli cząsteczek gazu lub pary metali zawartych w lampie). Wzbudzenie to jest wywołane zderzeniami atomów z małymi cząstkami materii,

zwanymi elektronami (patrz rozdz. 7.2), które zdążając w wielkiej liczbie i z dużą prędkością od jednej elektrody do drugiej tworzą prąd elektryczny. Dlatego pierwszy rodzaj lamp nazywamy temperaturowymi źródłami światła, lampy wyładowcze zaś — zimnymi źródłami światła.

Rozwój produkcji lamp wyładowczych nastąpił w dwu kierunkach: lamp przeznaczonych do celów reklamy i dekoracji oraz lamp przeznaczonych do celów oświetlenia.

Pierwszy rodzaj lamp wyładowczych to znane wszystkim neony. Ogólną, popularną nazwę neonów nadajemy takim lampom wyładowczym, działającym według opisanej powyżej zasady, które ukształtowane w litery, napisy lub rysunki o różnej barwie światła stanowią efektowny sposób reklamy świetlnej, stosowanej przez sklepy, lokale gastronomiczne, rozrywkowe i inne. Różne barwy światła uzyskuje się przez napełnienie rurki stanowiącej lampę wyładowczą odpowiednimi gazami, przez zabarwienie szkła rurki lub za pomocą obu tych sposobów. Ze względu na mały pobór mocy (ok. 3 watów) stosuje się niekiedy lampy neonowe pod postacią zbliżoną do żarówek (rys. 5), jako nocne światło orientacyjne lub światło wskaźnikowe.

Drugi rodzaj lamp wyładowczych to lampy sodowe (rys. 6) i rtęciowe (rys. 7), przeznaczone do celów oświetlenia. Zasada ich działania jest podobna do zasady działania neonów z tą różnicą, iż wewnątrz rurki, w której powstaje światło, zawiera odrobinę metalu — sodu lub rtęci — który pod wpływem wysokiej temperatury powstającej w czasie działania lampy za-



Rys. 7. Lampa rtęciowa o wysokiej prężności pary rtęci przypomina wyglądem zewnętrznym żarówkę. Wewnątrz bańki widoczna jest rurka wyładowcza, stanowiąca właściwe źródło światła

mienia się w parę, czyli przybiera postać gazu. W pewnych typach lamp rtęciowych pary rtęci osiągają znaczne ciśnienie.

Zaletą lamp sodowych i rtęciowych jest ich duża wydajność świetlna (trzy do czterech razy większa od wydajności żarówek) oraz duża trwałość (dwu-, a nawet trzykrotnie większa od trwałości żarówek). Ich wady to barwa światła, która w lampach sodowych ma wyraźny odcień żółtopomarańczowy, a w lampach rtęciowych przybiera zabarwienie zielononiebieskie, oraz wysoka cena samych lamp i sprzętu pomocniczego regulującego ich pracę.

Z tych powodów lampy sodowe znalazły zastosowanie głównie do oświetlenia dróg komunikacyjnych oraz do oświetlenia takich pomieszczeń przemysłowych, w których barwa światła nie odgrywa dużej roli, a w których mogą być wykorzystane zalety tych lamp. Żółte światło bowiem lamp sodowych zapewnia dużą kontrastowość, która zwiększa ostrość widzenia i prędkość spostrzegania (patrz rozdz. 5), co ma duże znaczenie na przykład dla kierowców na autostradach, przy kontroli produkcji masowej itp.

Lampy rtęciowe okazały się nieco bardziej przydatne, przez wprowadzenie bowiem do ich konstrukcji szeregu ulepszeń osiągnięto znaczną poprawę barwy światła; mimo to jednak zastosowanie tych lamp ogranicza się głównie do oświetlenia pomieszczeń w niektórych tylko gałęziach przemysłu oraz do oświetlenia ulic.

Dalsze prace nad ulepszeniem sztucznych źródeł światła doprowadziły do wynalezienia przed kilkunasty laty lampy, która przewyższa swoimi zaletami wszystkie dotychczas znane źródła światła. Lampą tą jest lampa fluoryzująca, nazywana popularnie świetlówką.

Mechanizm wytwarzania światła przez świetlówki jest oparty na zupełnie innym zjawisku niż to ma miejsce w płomiennych źródłach światła, żarówkach i lampach wyładowczych.

Z następnych rozdziałów dowiemy się, na czym polega zasada działania świetlówki, jaka jest jej budowa i zalety oraz jakie znalazła ona zastosowanie. Przed tym jednak musimy zagłębić się nieco w mało ogółowi znaną, a ogromnie interesującą dziedzinę, zwaną techniką świetlną, przede wszystkim po to, żeby zapoznać się z jej podstawowymi pojęciami i przyswoić sobie język oświetleniowców.

3. CZYM JEST OŚWIETLЕНИЕ SZTUCZNE

Zagadnieniu sztucznego oświetlenia poświęca się zbyt mało uwagi, czego dowodem są instalacje oświetleniowe w fabrykach, sklepach, świetlicach, mieszkaniach prywatnych itp., wykonane nieraz w sposób nie odpowiadający ich przeznaczeniu. Wbrew ogólnemu mniemaniu technika sztucznego oświetlenia jest zagad-

nieniem złożonym, w przeciwieństwie bowiem do większości problemów technicznych nie polega tylko na ustaleniu pewnych wielkości, które można dokładnie określić i zmierzyć, lecz musi również uwzględniać szereg czynników, które nie mogą być wyrażone wzorami matematycznymi lub określone ustalonymi jednostkami. Czynniki te dotyczą przede wszystkim zmysłów ludzkich oraz samopoczucia człowieka, na które oświetlenie ma duży i wyraźny wpływ.

Nauka o sztucznym oświetlaniu jest więc połączeniem techniki i sztuki; ostatecznym sprawdzianem każdego urządzenia oświetleniowego są nie tylko przyrządy pomiarowe, lecz także zmysły ludzkie — przede wszystkim zmysł wzroku, za pomocą którego człowiek widzi otaczające go przedmioty i którego oświetlenie ma wproważyć w dobry nastrój usposabiający do pracy, wypoczynku lub rozrywki.

W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że sztuczne oświetlenie to stworzenie naszym oczom odpowiednich warunków dla należytego widzenia otaczających przedmiotów, na które pada światło pochodzące z jakiegoś źródła światła.

Żeby zatem należycie wykorzystywać świetlówkę jako źródło światła, musimy dokładnie określić i wyjaśnić wzajemny związek, jaki istnieje między źródłem światła, okiem ludzkim i przedmiotami oświetlanymi.

4. ŹRÓDŁO ŚWIATŁA

4.1. Promieniowanie i światło

W technice świetlnej pod określeniem źródło światła rozumiemy jakiś przedmiot wytwarzający i wysyłający, czyli promieniujący w otaczającą przestrzeń, energię promienistą, która działając na oko istot żywych wywołuje wrażenie świetlne zwane widzeniem.

Pojęcie energii promienistej nie dla wszystkich może być łatwe do zrozumienia; energia taka jest znana także pod inną niż światło postacią, mianowicie pod postacią fal radiowych, które przenoszą ze stacji nadawczej dźwięki słyszane przez nas w odbiorniku radiowym. Przenoszenie dźwięków na odległość setek i tysięcy kilometrów ze stacji nadawczej do niczym nie połączonego z nią odbiornika, choć może być w istocie swej trudne do zrozumienia, wskazuje jednak na istnienie nurtu energii promienistej między stacją a odbiornikiem. Bardzo podobny nurt energii promienistej istnieje bez przerwy między źródłem światła a przedmiotami, na które to światło pada.

Powiedzieliśmy, że energia promienista wysyłana przez jakieś źródło światła oraz energia promienista wysyłana przez nadawczą stację radiową mają tę samą postać. Różne własności tych dwu rodzajów energii pochodzą z różnicy pewnej charakterystycznej wielkości zwanej długością fali. Jak wiemy, każda radiowa stacja nadawcza ma ściśle określoną, sobie właściwą długość fali. Są więc stacje krótkofalowe, których długość fali wynosi kilka do kilkudziesięciu metrów, stacje o falach średnich oraz stacje o falach długich — do kilku tysięcy metrów. Podobnie energia promienista wysyłana przez jakieś źródło ma określone długości fal; są one bardzo małe w porównaniu z długościami fal radiowych.

Zanim określimy długości fal promieni wysyłanych przez źródło światła, zastanówmy się, co zawiera płynący ze źródła w otaczającą przestrzeń nurt energii promienistej. Weźmy dla przykładu najpotężniejsze ze znanych nam źródeł światła — słońce.

Słońce wysyła na ziemię ogromne ilości energii promienistej. Część tej energii to promienie świetlne, promienie widzialne, które działając na nasze oczy pozwalają nam widzieć otaczający nas świat. Oprócz promieni widzialnych, stanowiących tylko niewielką część energii promienistej wysyłanej przez słońce, docierają do ziemi wielkie ilości promieni niewidzialnych — są to tak zwane promienie podczerwone i promienie nadfiołkowe.

Promienie podczerwone są to promienie ciepłe, które nie wywołują widzenia, ale ogrzewając powierzchnię ziemi umożliwiają rozwój życia roślinnego i zwierzęcego.

Promienie nadfiołkowe są również niewidzialne i chociaż nie są wyczuwane żadnym z naszych zmysłów, mają duże znaczenie zarówno dla rozwoju organizmów żywych, jak i dla innych celów, o czym będzie mowa w następnym rozdziale.

Jest rzeczą oczywistą, że żadnego ze znanych źródeł światła sztucznego nie można porównać ze słońcem, gdyż słońce jest naturalnym, niezastąpionym i uniwersalnym źródłem energii promienistej, bez którego na ziemi zamarłoby życie.

W większości ze znanych obecnie elektrycznych źródeł światła sztucznego można wyodrębnić poszczególne rodzaje promieniowania, a więc promienie widzialne, promienie podczerwone lub promienie nadfiołkowe. Promienie te jak również fale radiowe, o których mówiliśmy poprzednio, oraz wszelkie inne znane promienie stanowią jedną wielką rodzinę fal elektromagnetycznych, które różnią się od siebie tylko długością.

W tym ogromnym zakresie długości fal — od miliardowych części milimetra do wielu tysięcy metrów — zawarte jest wążutkie pasemko, w którym mieszczą się wszystkie promienie widzialne,

zwane światłem, oraz sąsiadujące z nimi niewidzialne promienie podczerwone, które wysyła każde ze znanych źródeł światła sztucznego, i promienie nadfiołkowe wysyłane tylko przez niektóre rodzaje lamp elektrycznych.

Promienie widzialne mają długość fali zawartą w granicach od 0,00038 do 0,00076 mm w zależności od barwy światła. Każda barwa światła zawarta w widmie słonecznym odznacza się właściwą sobie długością fali. Najmniejszą długość fali ma światło o barwie fioletowej (od 0,00038 do 0,00044 mm), największą zaś światło czerwone (od 0,00063 do 0,00076 mm). Między tymi barwami zawarte są pozostałe barwy widma (barwy tęczy).

Długość fal promieni podczerwonych zawarte są między 0,00072 a 0,1 mm, promieni nadfioletowych zaś między 0,00001 a 0,00038 mm. Są to długości tak małe, że trudno je sobie uzmysłowić.

Oczywiście, oświetleniowców interesują przede wszystkim promienie widzialne, gdyż tylko one działając na oko wywołują widzenie, ale, jak zobaczymy dalej, również i niewidzialne promienie nadfioletowe mogą służyć do wytwarzania promieni widzialnych, czyli światła.

Przejdźmy teraz do bliższego określenia źródła światła jako urządzenia wytwarzającego promienie widzialne.

Gdy mówimy o jakimś źródle światła, na przykład o żarówce, określamy ją potocznie, że jest ona duża lub mała, że silnie lub słabo świeci w tym lub innym kierunku, że jest mniej lub bardziej jaskrawa, że jej światło jest mniej lub bardziej białe.

Te cztery wymienione cechy wystarczają w zasadzie do dokładnego określenia każdego źródła światła. Przetłumaczymy je kolejno na bardziej dokładny język oświetleniowców.

4.2. Strumień świetlny

Miarą wielkości źródła światła jest strumień świetlny, czyli ilość światła wytwarzana przez źródło w określonej jednostce czasu (na przykład w ciągu 1 sekundy) i wysyłana w otaczającą przestrzeń. Jednostką służącą do mierzenia strumienia świetlnego jest 1 lumen. A zatem wielkość jakiegoś źródła światła będziemy określać w lumenach (skrót lm).

Dążeniem wynalazców i konstruktorów lamp elektrycznych jest między innymi uzyskanie jak największej liczby lumenów z każdego wata pobranej z sieci przez źródło światła mocy elektrycznej, czyli uzyskanie jak największej wydajności świetlnej źródła światła. Za światło bowiem płaci się płacąc za zużytą przez żarówki i lampy energię elektryczną. Wydajność świetlną źródeł światła określa się zatem stosunkiem wysyłanego strumienia świetlnego (w lumenach) do pobranej z sieci mocy

(w watach). Wydajność świetlna żarówki o poborze mocy 40 watów, która wytwarza strumień świetlny 400 lumenów, wynosi zatem

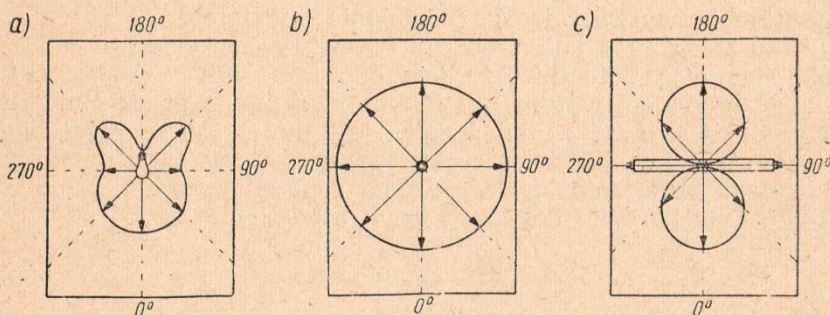
$$\frac{400}{40} = 10 \text{ lumenów na 1 wat}$$

Im więcej dane źródło światła wytwarza lumenów i im mniej przy tym zużywa do tego mocy elektrycznej, tym jest wydajniejsze.

4.3. Światłość

Jeżeli zaświecimy na przykład zwykłą żarówkę o mocy 60 lub 100 watów, to spostrzeżemy, że świeci ona z niejednakową „siłą” w różnych kierunkach; najsilniej świeci ona w dół, trochę słabiej na boki, a prawie wcale ku górze. To pojęcie „siły światła”, które jest związane z pewnym określonym kierunkiem, nazwali oświetleniowcy światłością. Światłość jest więc natężeniem światła, mierzonym w pewnym określonym kierunku.

Jednostką światłości jest 1 k a n d e l a (skrót cd).



Rys. 8. Wykresy światłości: a) żarówki; b) świetlówki w płaszczyźnie przechodzącej przez jej oś; c) świetlówki w płaszczyźnie prostopadłej do jej osi; strzałki obrazują wartości światłości w różnych kierunkach

Jeżeli na specjalnym przyrządzie laboratoryjnym, zwanym fotometrem, zmierzmy światłość zwykłej żarówki w wielu kierunkach tej samej płaszczyzny, przechodzącej przez oś symetrii żarówki, otrzymamy szereg różnych wartości liczbowych, wyrażonych w kandelach. Wartości te przedstawione na wykresie dają obraz rozsyłu światłości żarówki (rys. 8a), który jest prawie jednakowy dla każdej płaszczyzny przechodzącej przez oś symetrii żarówki, żarnik bowiem ma postać pierścienia o małych wymiarach.

Dla świetlówek, które stanowią liniowe źródło światła o znacznej długości, rozsył ten będzie różny dla różnych płaszczyzn. Dla płaszczyzny przechodzącej przez oś świetlówki będzie od wyglądał tak jak na rys. 8b, dla płaszczyzny zaś prostopadłej do osi świetlówki — tak jak na rys. 8c (strzałki obrazują wartość światłości w różnych kierunkach).

Jak zobaczymy dalej, taki rozsył światłości na ogół nie zapewnia dobrego oświetlenia, toteż zarówno żarówki, jak i świetlówki wymagają zastosowania odpowiednich opraw oświetleniowych, które zmieniają w odpowiedni sposób rozsył wytworzonego przez nie światła (patrz rozdz. 8). Rozsył światłości obok strumienia świetlnego (wyrażonego w lumenach) stanowi dalsze, dokładniejsze określenie źródła światła.

4.4. Jaskrawość

Z codziennych doświadczeń wiemy, że patrzenie z niewielkiej odległości na przykład na nie osłoniętą żarówkę powoduje zakłócenie normalnych czynności widzenia, które polega na przejściowym zmniejszeniu zdolności widzenia nazywanym olśnieniem (patrz rozdz. 5). Dzieje się to dlatego, że do oczu naszych dostaje się światło bardzo skupione, a więc bardzo jaskrawe, pochodzące od maleńkiej powierzchni żarnika. Jeśli tę samą żarówkę osłonimy kloszem ze szkła mlecznego, światło pochodzące od żarnika zostanie rozłożone na całą powierzchnię klosza, co spowoduje zmniejszenie jaskrawości jego powierzchni do tego stopnia, że będziemy mogli patrzeć na klosz nie doznając olśnienia.

Im większym kloszem będziemy osłaniać żarówkę, tym bardziej będzie maleć jego jaskrawość, choć ilość światła wysyłana przez żarnik będzie ta sama. Jak więc widzimy, **jaskrawość danego źródła światła zależy od pola jego powierzchni widzianej z określonego kierunku oraz od jego światłości w tym samym kierunku.**

Za jednostkę jaskrawości przyjęto 1 stilb (skrót sb). Jaskrawość jakiegoś przedmiotu w danym kierunku wynosi 1 stilb, jeśli jego światłość w tym samym kierunku wynosi 1 kandelę, a jego powierzchnia widziana z tego samego kierunku równa się 1 centymetr kwadratowy, czyli

$$1 \text{ stilb} = \frac{1 \text{ kandela}}{1 \text{ centymetr kwadratowy}}$$

A zatem przy równej światłości jaskrawość będzie tym większa, z im mniejszej powierzchni wychodzi strumień świetlny trafiający do oka patrzącego. Przy równych powierzchniach jaskrawość jest tym większa, im większy jest strumień świetlny, czyli im więcej promieni świetlnych wpada z danej powierzchni do oka.

Podane powyżej pojęcie jaskrawości odnosi się nie tylko do źródeł światła, lecz również do wszelkich przedmiotów, na które pada światło pochodzące od jakiegoś źródła i które odbite następnie od tych przedmiotów lub rozproszone przez nie trafia do naszego oka wywołując wrażenie świetlne, zwane widzeniem (patrz rozdz. 5).

Ponieważ jaskrawość światła odbitego od przedmiotów silnie oświetlonych wynosi zaledwie tysięczne lub setne części stilba, używa się również jednostki mniejszej, zwanej *n i t e m* (skrót *nt*)

$$1 \text{ nit} = \frac{1 \text{ kandela}}{1 \text{ metr kwadratowy}} = \frac{1}{10\,000} \text{ stilba}$$

Jaskrawość odgrywa dużą rolę w technice świetlnej, będzie więc o niej jeszcze mowa w następnych rozdziałach.

4.5. Natężenie oświetlenia

Poznaliśmy już trzy charakterystyczne cechy źródła światła: strumień świetlny, który wyrażamy w lumenach (skrót *lm*), światłość, wyrażaną w kandelach (skrót *cd*) oraz jaskrawość, którą wyrażamy w stilbach (skrót *sb*), lub nitach (skrót *nt*).

Czwartą cechę, barwę światła, omówimy dalej (w rozdz. 4.6), a na razie zapoznamy się jeszcze z jedną wielkością, która jest związana ze źródłem światła.

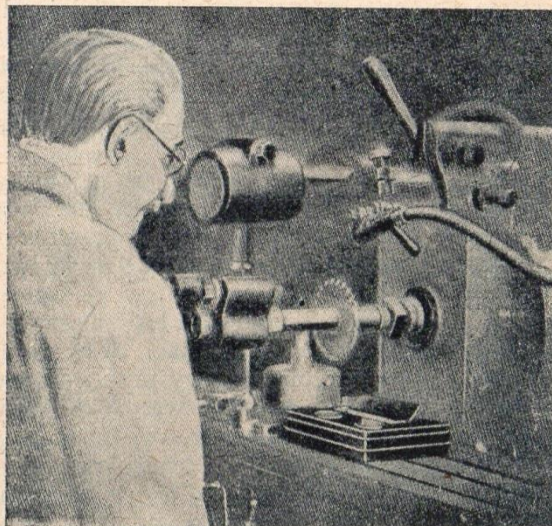
Dotychczas mówiliśmy tylko o świetle wychodzącym ze źródła w otaczającą przestrzeń. Obecnie zajmujemy się światłem, które pada na jakiś przedmiot. Jak powiedzieliśmy wyżej, pomiędzy źródłem światła, a wszystkimi przedmiotami, na które światło pada istnieje bez przerwy nurt energii promienistej; oznacza to, iż pewna ilość światła, to jest pewna liczba lumenów, pada na wszystkie powierzchnie znajdujące się na drodze światła.

Mówimy, że każda z tych powierzchni otrzymuje pewne *n a t ę ż e n i e* oświetlenia (zwane dawniej jasnością), które będzie tym większe, im więcej lumenów pada na daną powierzchnię.

Jeśli na każdy metr kwadratowy pewnej powierzchni pada jeden lumen, natężenie oświetlenia na tej powierzchni wynosi jeden luks (skrót *lx*). Jeśli na każdy metr kwadratowy powierzchni oświetlonej pada więcej, np. 10 lumenów, to natężenie oświetlenia tej powierzchni jest odpowiednio większe i wynosi 10 luksów.

Dla zobrazowania wartości luksa podajemy, że w pogodną noc księżycową natężenie oświetlenia wynosi na powierzchni ziemi około pół luksa, podczas gdy w słoneczne południe czerwcowe wynosi ono ponad 100 tysięcy luksów.

Do mierzenia natężenia oświetlenia służy przyrząd zwany luksomierzem (rys. 9). Za pomocą tego przyrządu, który jest niezbędnym narzędziem pracy każdego oświetleniowca, można w łatwy sposób określić, ile luksów wynosi natężenie oświetlenia na stole, na obrabiarce, w wagonie kolejowym, na wystawie sklepowej lub w każdym innym oświetlonym miejscu i zorientować



Rys. 9. Pomiar natężenia oświetlenia na obrabiarce za pomocą luksomierza

się w ten sposób, czy oświetlenie odpowiada stawianym wymaganiom. Jak bowiem zobaczymy dalej, każda czynność wymaga odpowiedniego natężenia oświetlenia określonego w luksach; od wartości tego natężenia zależy w dużej mierze jakość widzenia (patrz rozdz. 6).

4.6. Barwa światła

Przejdźmy teraz do omówienia czwartej cechy źródła światła, to jest jego barwy.

Barwa światła odgrywa dużą rolę w technice świetlnej, gdyż wpływa ona w znacznym stopniu na samopoczucie człowieka oraz ułatwia lub utrudnia właściwe widzenie otaczających nas przedmiotów.

Wiemy na przykład, że przez odpowiedni dobór barwy światła oświetlającego scenę teatralną wywołuje się nastrój pogody i ra-

dości lub smutku i powagi, tak jak wiemy, że w życiu codziennym do czytania lub do jakiegokolwiek pracy światło białe jest bardziej odpowiednie od światła pomarańczowego lub różowego, które czyni wprawdzie nasze mieszkanie przytulnym i usposabia do wypoczynku, ale nie pozwala nam rozróżniać dokładnie barwy oglądanych przedmiotów.

Mówiąc o świetle białym mamy na myśli przede wszystkim naturalne światło dzienne, które cenimy bardziej od wszystkich innych rodzajów światła, gdyż oko nasze w ciągu wielowiekowego rozwoju dostosowało się do niego najlepiej. Staramy się więc, żeby światło sztuczne, które wytwarzają posiadane przez nas źródła światła było możliwie zbliżone pod względem barwy do światła dziennego.

W rzeczywistości światło białe składa się z szeregu zmieszanych ze sobą barw, które możemy wyodrębnić przepuszczając na przykład wiązkę promieni słonecznych przez kawałek szkła o specjalnym kształcie, zwanym *pryzmatem*. W warunkach naturalnych takie rozłożenie światła słonecznego na poszczególne barwy składowe, czyli *widmo słoneczne*, ukazuje się w tęczy na skutek załamania promieni w kropelkach deszczu. Przyglądając się tęczy widzimy, że poszczególne barwy przechodzą w sposób ciągły od barwy fioletowej poprzez wszystkie odcienie barwy niebieskiej, zielonej, żółtej i pomarańczowej do barwy czerwonej.

Barwy te, stanowiące tak zwane *widmo ciągłe*, zmieszane w odpowiednim stosunku dają światło, które nazywamy białym.

Jeśli rozłożymy za pomocą pryzmatu światło zwykłej żarówki, otrzymamy również widmo ciągłe, podobne do widma światła słonecznego, zauważymy jednak, że widmu temu brak pewnych barw, a mianowicie barw fioletowej i niebieskiej, natomiast zawiera ono więcej barwy czerwonej i pomarańczowej niż światło słoneczne. Taki skład barw powoduje, że światło żarówek nie jest, ściśle mówiąc, białe, dlatego też oglądane przy tym świetle przedmioty wykazują inną barwę niż mają przy świetle dziennym.

Barwa światła lamp wyładowczych różni się jeszcze bardziej od barwy światła dziennego. Światło tych lamp rozłożone przez pryzmat ukazuje nam widmo zupełnie różne od widma słonecznego. Widmo to nie jest ciągłe, lecz przedstawia się w postaci kilku oddzielnych prążków o ściśle określonej barwie. Nic więc dziwnego, że barwa światła lamp wyładowczych jeszcze bardziej odbija od światła dziennego, co nie tylko utrudnia należyte rozróżnianie barw przedmiotów oświetlonych, lecz również wpływa ujemnie na samopoczucie człowieka.

Wynalezienie lamp fluoryzujących, czyli świetlówek, otworzyło nowe, ogromne możliwości dowolnego nieomal doboru barwy sztucznego światła, co — jak zobaczymy dalej — stanowi jedną z podstawowych zalet tego nowego źródła światła.

5. OKO LUDZKIE

Oko jest jednym z najczulszych i najdoskonalszych narządów naszego organizmu. Jego olbrzymia zdolność przystosowywania się do warunków nawet najgorszego oświetlenia sprawia, że oczy są nieraz zbyt przemęczone. Często dzieje się to zupełnie nieświadomie, nie zawsze bowiem zdajemy sobie sprawę z tego, jakie warunki są odpowiednie dla naszego wzroku, **którego ciągle nadużywanie, ciągle męczenie prowadzi do pogorszenia, a niekiedy nawet do zupełnej utraty zdolności widzenia.**

Żeby zatem móc zapewnić oku konieczne warunki higieny, należy zapoznać się z niektórymi zjawiskami zachodzącymi w nim pod wpływem światła.

Pierwsze zjawisko wywołane jest wpływem jaskrawości. Wiemy dobrze, jak trudno jest widzieć, jeśli patrzy się „pod światło“. Jeśli światło, „pod które“ patrzymy, pochodzi od tarczy słonecznej lub silnego reflektora, zdolność widzenia zmniejsza się znacznie, a niekiedy maleje do tego stopnia, że możemy doznać chwilowej utraty zdolności widzenia, nazwanej olśnieniem. Zastanowimy się co powoduje olśnienie i w jakich warunkach ono powstaje.

Widzenie otaczających nas przedmiotów zależy nie tylko od ich jaskrawości (patrz rozdz. 4.3), lecz także w bardzo dużym stopniu od rozkładu jaskrawości w polu widzenia (to jest w przestrzeni, którą ogarniamy wzrokiem), czyli od różnicy jaskrawości między poszczególnymi przedmiotami. Zbyt duże różnice jaskrawości powodują pogorszenie widzenia, które staje się tym trudniejsze, im większe różnice jaskrawości występują w polu widzenia. Stopień olśnienia zależy również od wielkości przedmiotu, którego jaskrawość jest na tyle duża, że może wywołać olśnienie (porównaj rozdz. 4.4). Jeśli przedmiot jest bardzo mały (na przykład gwiazdy, których jaskrawość jest prawie równa jaskrawości słońca, a zatem ogromna), olśnienie nie występuje prawie zupełnie. Natomiast w słoneczny dzień rozległa przestrzeń pokryta śniegiem wywołuje dokuczliwe olśnienie, zmuszające do zakładania ciemnych okularów, mimo że jaskrawość tej przestrzeni jest wiele tysięcy razy mniejsza od jaskrawości gwiazd.

Wyjaśnienia te wskazują, że wbrew przyjętemu niesłusznie mniemaniu, olśnienie nie jest spowodowane nadmiarem światła, lecz niewłaściwym rozkładem jaskrawości w polu widzenia. Pod tym względem można porównać oko do aparatu fotograficznego. Chcąc zrobić dobre zdjęcie musimy zastosować nie tylko odpowiedni czas naświetlania kliszy, lecz również musimy unikać robienia zdjęć „pod światło“, bo wówczas to światło, „pod które“ robimy zdjęcie, wystąpi na kliszy jako jasna plama, a zdjęcie będzie nieudane.

Z powyższego wynika, że dla ochrony wzroku przed olśnieniem konieczne jest zapewnienie takiego oświetlenia, które nie powoduje zbyt dużych różnic jasności między miejscem pracy a otaczającymi nas przedmiotami, ścianami, sufitem, źródłami światła itp. Jest to podstawowy i najważniejszy warunek dobrego oświetlenia, który — jak zobaczymy — może być znacznie lepiej spełniony przy użyciu świetlówek niż przy użyciu wszelkich innych źródeł światła.

Drugie zjawisko zachodzące w oku pod wpływem światła to dostosowywanie się oka do warunków oświetlenia, czyli adaptacja. Jak powiedzieliśmy, oko ma ogromną zdolność dostosowywania się do warunków prawie każdego oświetlenia, ale każda zmiana tych warunków wymaga pewnego czasu, w ciągu którego oko przyzwyczaja się do nowych warunków widzenia. Dlatego też, gdy z otwartej, widnej przestrzeni wejdziemy do ciemnej piwnicy lub odwrotnie — wyjdziemy z kina na słoneczną ulicę, wówczas w ciągu pewnego czasu nic prawie nie widzimy. Dopiero stopniowo oczy nasze dostosowują się do nowych warunków oświetlenia (dostosowywanie do oświetlenia ciemnego trwa dłużej niż dostosowywanie do oświetlenia jasnego) i zaczynają normalnie widzieć otaczające przedmioty. Na tym właśnie polega dostosowywanie się oka, czyli jego adaptacja do warunków oświetlenia.

Należy pamiętać, że częste i szybko po sobie następujące zmiany warunków oświetlenia, a więc na przykład patrzenie na przemian na przedmioty o dużej i małej jasności oraz przechodzenie z miejsc widnych do ciemnych i odwrotnie, są bardzo szkodliwe dla wzroku. Dlatego też w kinach i teatrach nie wygasza się i nie zaświeca wszystkich lamp jednocześnie, lecz czyni się to stopniowo, żeby oczy widza miały dość czasu na dostosowanie się do zmienionych warunków oświetlenia. Odnajdujemy tutaj znowu podobieństwo oka do aparatu fotograficznego, który w zależności od warunków oświetlenia wymaga odpowiedniego dostosowania (na przykład dobór przesłony) po to, żeby zdjęcie było udane.

Z omówionymi powyżej zjawiskami związane są dwie dalsze niezmiernie ważne własności oka, a mianowicie prędkość spostrzegania i ostrość widzenia, które zależą od warunków oświetlenia. Aby móc spostrzec jakiś przedmiot, potrzebujemy pewnego czasu, który jest tym krótszy, im silniejsze jest oświetlenie, czyli im większa jest jasność oglądanych przedmiotów. Przy słabym oświetleniu praca nie idzie sprawnie, a nawet niekiedy może nastąpić nieszczęśliwy wypadek, oko bowiem nie dość szybko spostrzeże w tych warunkach zagrażające niebezpieczeństwo. Podobnie rozróżnianie szczegółów oglądanych przedmiotów, czyli ostrość widzenia, maleje przy słabym oświetleniu. Na przykład przy czytaniu drobnego pisma, naprawie zegarka lub innych czynnościach wymagających dokładnego rozróżniania szcze-

głów konieczne jest bardzo dobre oświetlenie. Przy słabym oświetleniu szczegółów tych nie dostrzeżemy pomimo męczącego wytężania wzroku, ich jaskrawość jest bowiem niedostateczna.

I tutaj również odnajdujemy podobieństwo do aparatu fotograficznego. Otrzymanie dobrego zdjęcia zależy od nastawienia go „na ostrość” oraz od czasu naświetlania. Przy dobrym oświetleniu wystarcza bardzo krótki czas naświetlania kliszy; jeśli natomiast jest ciemno, to nawet przy bardzo długim czasie naświetlania nie otrzymamy na zdjęciu tych szczegółów, które są widoczne przy dobrym oświetleniu.

Jak zatem widzimy, zapewnienie oczom wygody widzenia dobrych warunków widzenia i higieny wzroku polega przede wszystkim na:

- a) ochronie wzroku przed nadmierną jaskrawością;
- b) unikaniu nadmiernych różnic (kontrastów) jaskrawości w polu widzenia;
- c) zapewnieniu oglądanym przedmiotom odpowiedniej jaskrawości (od której zależą ostrość widzenia i prędkość spostrzegania), czyli zapewnieniu dostatecznego natężenia oświetlenia (zwłaszcza na polu pracy).

6. PRZEDMIOTY OŚWIETLONE

Zastanówmy się teraz, od czego zależy dobre lub złe widzenie oświetlonych przedmiotów. Czy zależy ono od natężenia oświetlenia, czyli od ilości światła, padającego na przedmiot, czy też od jaskrawości, tj. od ilości światła odbitego przez przedmiot w kierunku oka?

Odpowiedź na to pytanie znajdziemy robiąc następujące proste doświadczenie. Połóżmy obok siebie na stole oświetlonym lampą dwie kartki papieru o tych samych wymiarach — jedną białą, a drugą czarną. Kartki te są oświetlone w ten sam sposób, położenie ich bowiem w stosunku do lampy jest jednakowe; pomimo to papier biały widzimy jako „jaśniejszy” od papieru czarnego. Dlaczego tak się dzieje? Różnica powstaje stąd, że papier biały odbija więcej światła niż papier czarny i dlatego jest bardziej jaskrawy. A więc **dobre lub złe widzenie zależy nie tylko od natężenia oświetlenia**, czyli od ilości światła padającego na przedmiot, **lecz również od jaskrawości**, czyli od ilości światła odbitego od przedmiotu w kierunku oczu patrzącego. Ażeby zatem oglądane przedmioty były dobrze widzialne, trzeba je oświetlać tak, aby jak najwięcej światła odbijało się od nich i trafiało do oka patrzącego.

Lepsze lub gorsze odbijanie światła zależy od rodzaju materiału, z którego wykonany jest przedmiot, i od stanu jego powierzchni. Stosunek ilości światła odbitego przez jakąś powierzchnię do

ilości światła, które pada na tę powierzchnię, nazywamy współczynnikiem odbicia. Bardzo biały papier ma np. współczynnik odbicia 0,8; znaczy to, że 80% światła padającego na taki papier ulega odbiciu, reszta natomiast (20%) zostaje przez papier pochłonięta. Papier czarny natomiast ma współczynnik odbicia wynoszący zaledwie około 0,07, czyli zaledwie 7% światła padającego na ten papier ulega odbiciu, podczas gdy reszta — około 93% — jest pochłaniana przez papier.

Powierzchnie i przedmioty, które nazywamy jasnymi, a więc bielone sufity, czyste, jasno malowane ściany, jasne meble itp., mają współczynnik odbicia wynoszący od 0,4 do 0,8, odbijają więc one od 40 do 80% padającego na nie światła. Powierzchnie ciemne natomiast, to jest takie, jak zakurzone, brudne ściany,



Rys. 10. Odbicie światła nawet od powierzchni papieru może spowodować niewygodę widzenia w postaci olśnienia wzroku.

ciemne meble, podłogi, ziemia, nie obrobione wyroby stalowe itp., mają współczynnik odbicia wynoszący zaledwie 0,1 do 0,3.

Jak już powiedzieliśmy, współczynnik odbicia zależy nie tylko od materiału, z którego wykonany jest dany przedmiot (papier, metal, drewno, tkanina itp.), lecz zależy również w dużym stopniu od rodzaju powierzchni (chropowata — np. ściana pokryta farbą, gładka — np. kartka papieru, polerowana — np. ostrze noża itp.).

Oświetlenie przedmiotów matowych takich, jak ściany, tapczan przykryty kilimem, kawałek surowego drewna itp., nie przedstawia większych trudności. W zasadzie wystarczy zapewnić im dostateczne natężenie oświetlenia, a będą one dobrze widziane. Przedmioty te bowiem dobrze rozpraszają światło.

Trudniej jest natomiast oświetlać

przedmioty gładkie, wypolerowane, które pod wpływem padającego na nie światła stają się błyszczące.

Te przedmioty błyszczące lub ich części, stanowiące powierzchnie o zbyt dużej jaskrawości, mogą spowodować olśnienie utrudniające, a często nawet uniemożliwiające należyte widzenie (rys. 10). Dlatego też oświetlanie przedmiotów błyszczących wymaga bardzo starannego doboru i rozmieszczenia źródeł światła, które powinno być tak skierowane na przedmiot, żeby nie

powodowało po odbiciu powstawania zbyt jaskrawych plam na jego powierzchni.

Dochodzimy więc do wniosku, że **widzenie zależy również od kierunku, z którego pada światło na oglądane przedmioty**, a zależność ta jest tym większa, im bardziej powierzchnia przedmiotów oświetlanych jest gładka — bardziej błyszcząca.

Z kierunkiem padania światła wiąże się również inny czynnik mający wpływ na widzenie. Są to **cienie**, które ułatwiają rozróżnianie kształtów oglądanych przedmiotów. W zależności bowiem od tego, jak skierujemy światło na oglądany przedmiot, wystąpią te lub inne szczegóły jego powierzchni i wygląd przedmiotu może się znacznie zmienić (rys. 11). Cienie są tym wyraźniejsze, tym twardsze, im bardziej światło padające na oświetlone przedmioty jest skupione.



Rys. 11. W zależności od kierunku padania światła główka lalki nabiera innego wyglądu

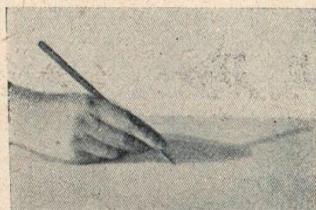
W świetle nie osłoniętej żarówki przedmioty tworzą wyraźnie zarysowane, ostre cienie, powodujące, że niektóre powierzchnie stają się bardzo jaskrawe, inne natomiast pozostają zupełnie ciemne. Mówimy wówczas, że oświetlenie jest bardzo **kontrastowe** (rys. 12), występują bowiem duże kontrasty, czyli różnice jaskrawości, które mogą nawet niekiedy spowodować olśnienie.

Jeśli tę samą żarówkę umieścimy w kloszu ze szkła mlecznego lub oświetlimy miejsce pracy świetlówką, światło zostanie nieco

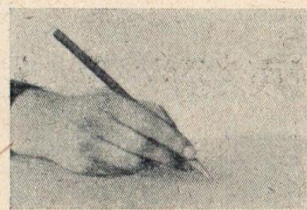
rozproszone, a oświetlenie stanie się mniej kontrastowe, czyli różnice jaskrawości zmaleją, co poprawi warunki widzenia (rys. 13).

Mówiąc o kontrastach należy zwrócić uwagę na ich rolę w oświetleniu. Widzenie poszczególnych przedmiotów oraz różnicowanie szczegółów ich wykonania jest możliwe dlatego, że istnieją różnice jaskrawości oraz różnice barw pomiędzy poszczególnymi częściami przedmiotu lub pomiędzy przedmiotem a tłem, na którym ten przedmiot jest widziany.

Kontrasty polegają zatem na różnicach jaskrawości lub barwy. Jeżeli przedmiot ma jednolitą barwę lub jeśli barwa przedmiotu i tła, na którym ten przedmiot jest widziany, są takie same, widzenie jest możliwe tylko wskutek kontrastów jaskrawości. Jeśli natomiast przedmiot jest wielobarwny lub jeśli jego barwa ma różne odcienie albo też gdy barwa tła różni się od barwy przedmiotu, widzenie następuje dzięki kontrastom jaskrawości oraz dzięki kontrastom barwy. W życiu codziennym jest to najczęstszy przypadek.



Rys. 12. Skupione światło żarówki wywołuje ostre, wyraźne cienie, utrudniające pisanie



Rys. 13. Światło świetlówki nieco rozproszone daje łagodne cienie

Ponieważ na ogół przedmioty, z którymi mamy do czynienia, interesują nas nie tylko pod względem kształtu i szczegółów budowy, lecz również pod względem barwy, oświetlenie sztuczne powinno umożliwiać należyte widzenie barw. Jak zobaczymy dalej, warunek ten spełniają z dobrym skutkiem świetlówki.

Streszczając to, co powiedzieliśmy o przedmiotach oświetlonych, zapamiętajmy, że dobre widzenie otaczających nas przedmiotów zależy przede wszystkim od następujących czynników:

A. **Jaskrawości przedmiotu**, czyli ilości światła odbitego od przedmiotu w kierunku oka; jaskrawość ta musi być zawarta w pewnych granicach (zależnych od jaskrawości otoczenia) po to, żeby nie powstało olśnienie bezpośrednie lub przez kontrast, czyli przez zbyt duże różnice jaskrawości pomiędzy poszczególnymi częściami przedmiotu lub pomiędzy przedmiotem a tłem, na którym przedmiot jest widziany.

B. Kierunku padania światła na przedmiot, który szczególnie w przypadku przedmiotów gładkich, wypolerowanych, ma duże znaczenie; przy nieodpowiednim bowiem kierunku padania światła przedmiot staje się błyszczący, co może spowodować olśnienie.

C. Stopnia rozproszenia światła, który wpływa na kontrastowość i cienistość oświetlenia.

D. Barwy światła, od której zależy barwa oglądanych przedmiotów.

W dalszych rozdziałach niniejszej broszurki zapoznamy czytelnika z rozwiązaniami praktycznymi urządzeń oświetleniowych, mającymi na celu zapewnienie jak najlepszych warunków widzenia. Obecnie powrócimy jeszcze na chwilę do roli, jaką odgrywa w oświetleniu natężenie oświetlenia (omówione już w rozdz. 4.5).

Jak powiedzieliśmy wyżej, widzenie przedmiotów zależy od ich jaskrawości, czyli od ilości światła odbitego przez przedmiot w kierunku oka. Na to jednak, by dany przedmiot osiągnął potrzebną do dobrego widzenia jaskrawość, trzeba zapewnić mu odpowiednie oświetlenie, którego natężenie musi być tym większe, im większa ma być jaskrawość przedmiotu. A więc zamiast określać jaskrawość przedmiotu, która jest wielkością dość trudną do zmierzenia, można ograniczyć się do określenia natężenia jego oświetlenia; możemy tego dokonać za pomocą luksomierza. Tak właśnie najczęściej postępujemy w praktyce.

Na podstawie szczegółowych badań i licznych doświadczeń zostały określone wartości natężenia oświetlenia, wyrażone w luksach, które powinny być zapewnione dla każdego rodzaju czynności, żeby praca mogła być wykonywana dokładnie, bez omyłek, bez nadmiernego zmęczenia wzroku i bez nieszczęśliwych wypadków powodowanych często przez niedostateczne oświetlenie (norma PN/E — 02030. Normalne natężenia oświetlenia przy oświetleniu elektrycznym).

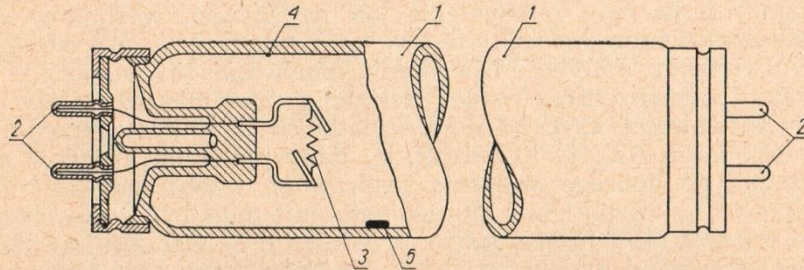
Przy wyborze natężeń oświetlenia należy pamiętać, że jaskrawość oświetlonych przedmiotów zależy od wartości współczynnika odbicia, toteż pomieszczenia o ciemnych ścianach i sufitach wymagają wyższego natężenia oświetlenia niż pomieszczenie jasne. Podobnie praca przy przedmiotach o ciemnych powierzchniach wymaga tym lepszego oświetlenia, im gorzej te przedmioty odbijają światło (na przykład szycie ciemnych tkanin).

Nie należy również zapominać, że dostateczne natężenie oświetlenia to zaledwie jeden z licznych warunków dobrego oświetlenia. Od dobrego oświetlenia bowiem wymagane jest nie tylko dostateczne natężenie oświetlenia, lecz również spełnienie innych warunków; najważniejszymi z nich są: unikanie olśnienia i nadmiernych kontrastów jaskrawości jak również uzyskanie odpowiedniej równomierności oświetlenia, odpowiedniej cienistości oraz właściwej barwy światła — o czym mówiliśmy poprzednio.

7. ŚWIETŁÓWKA I SPRZĘT POMOCNICZY

7.1. Budowa świetlówki

Mechanizm wytwarzania światła przez świetlówkę oparty jest na zupełnie odmiennym zjawisku niż to ma miejsce we wszelkich innych źródłach światła sztucznego. Zjawisko to nosi nazwę fluorescencji, od nazwy tej pochodzi nazwa lampy fluoryzującej, zwanej potocznie świetlówką.



Rys. 14. Budowa świetlówki: 1 — rura ze szkła przezroczystego, długości 0,5 do 1,2 metra (w zależności od mocy świetlówki) i średnicy 38 milimetrów; 2 — kołki stykowe, do których doprowadza się napięcie; 3 — skrętki wolframowe, stanowiące elektrody; 4 — warstwa luminoforu, czyli warstwa fluoryzująca; 5 — kropelka rtęci, która paruje w miarę podgrzewania się świetlówki

Fluorescencja polega na tym, że pewne ciała, zwane l u m i n o f o r a m i, mają zdolność przetwarzania promieni niewidzialnych, na przykład nadfioletowych, na promienie widzialne, czyli światło. Świecenie luminoforu trwa dopóty, dopóki znajduje się on pod działaniem promieni nadfioletowych.

Wykorzystując luminofory do budowy świetlówek wykorzystano również zjawiska zachodzące w lampach rtęciowych. Stwierdzono mianowicie, że wyładowcze lampy rtęciowe wytwarzają oprócz promieni widzialnych, czyli światła, również niewidzialne promienie nadfioletowe. Przez bardzo znaczne obniżenie ciśnienia pary rtęci w lampie można doprowadzić do tego, że lampa przestaje wysyłać prawie zupełnie promienie widzialne, a wytwarza głównie promienie nadfioletowe.

Mając więc do dyspozycji luminofor oraz lampę rtęciową wytwarzającą w dostatecznej ilości promienie nadfioletowe możemy stworzyć nowe źródło światła — świetlówkę.

W praktyce budowa świetlówki jest następująca: Świetlówkę stanowi rura ze szkła przezroczystego (rys. 14), długości od 0,5 do 1,2 metra (zależnie od mocy świetlówki — patrz rozdz. 7.7), zamknięta szczelnie i zakończona z każdego końca dwoma meta-

lowymi kołkami, służącymi do doprowadzenia prądu elektrycznego z sieci oświetleniowej. Kołki te połączone są przewodami wtopionymi w szkło rury ze skrętkami (spiralkami) z drutu wolframowego, przypominającymi budową żarnik zwykłej żarówki; skrętki te stanowią elektrody świetlówki. Z wnętrza rury wypompowane jest powietrze, a na jego miejsce wprowadzono nieco gazu, zwanego argonem, oraz kropelkę rtęci która podczas działania lampy zamienia się w parę i wraz z argonem wypełnia wnętrze rury. Wewnętrzna ścianka rury pokryta jest ciałem fluoryzującym, czyli luminoforem, który nie zaświeconej świetlówce nadaje wygląd rury ze szkła mlecznego.

7.2. Zasada działania świetlówki

W tak zbudowanej lampie mechanizm wytwarzania światła polega na tym, że pod wpływem napięcia przyłożonego do elektrod występuje w rurze szereg zjawisk (wyjaśnionych poniżej), w wyniku których w jej wnętrzu powstaje niewidzialne promieniowanie nadfioletowe. Promieniowanie to napotykając na swojej drodze warstwę luminoforu, pokrywającego wnętrze rury, pobudza go do świecenia, w wyniku czego cała powierzchnia rury zaczyna świecić jasnym światłem, którego barwa zależy od składu chemicznego luminoforu.

Pozornie prosta zasada działania świetlówki kryje jednak wiele bardzo złożonych zjawisk fizycznych, których zrozumienie wymaga zapoznania się z podstawowymi pojęciami dotyczącymi atomów i ich budowy. Wszystkie ciała spotykane w przyrodzie zbudowane są z atomów. Atom uważany był do niedawna za najmniejszą niepodzielną cząstkę materii. Obecnie wiemy, że atom chociaż jest niezmiernie mały, składa się z jeszcze mniejszych cząstek materii; w budowie atomu rozróżniamy jądro oraz krążące dookoła niego elektrony. Bardzo złożoną budowę atomu można sobie wyobrazić porównując atom do układu słonecznego, w którym — jak wiemy — dookoła Słońca krążą z dużymi prędkościami planety (między innymi i nasza Ziemia); każda z nich krąży po zawsze takiej samej drodze, zwanej orbitą. W atomie dzieje się podobnie: dookoła jądra, które można porównać do słońca, krążą na podobieństwo planet (po jednej lub więcej orbitach) jeden, dwa, trzy, a niekiedy nawet kilkadziesiąt elektronów. Elektrony wszystkich atomów (których mamy około 100 rodzajów) są jednakowe i mają zawsze taki sam, ściśle określony ujemny ładunek elektryczny. Jądro natomiast ma dodatni ładunek elektryczny, a wartość tego ładunku jest dokładnie równa sumie ładunków ujemnych wszystkich elektronów zawartych w atomie.

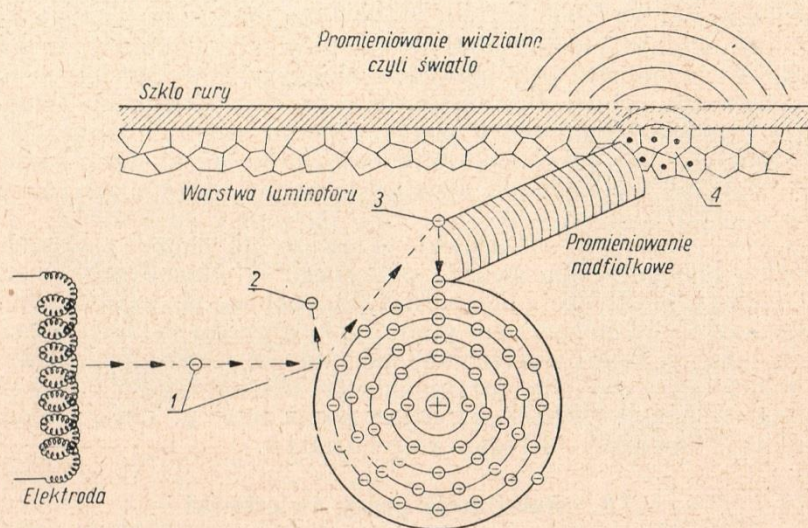
Ponieważ ciała o przeciwnych ładunkach elektrycznych, czyli o ładunku dodatnim i ujemnym, przyciągają się nawzajem, toteż jądro o ładunku dodatnim przyciąga elektrony, które mają ładunek ujemny. Gdyby zatem elektrony nie pozostawały w ciągłym ruchu, byłyby przyciągnięte przez jądro i przyłgłyby do niego. Ponieważ jednak elektrony nie pozostają w spoczynku, lecz krążą dookoła jądra z dużymi prędkościami, siłę przyciągania przez jądro przeciwstawia się siła, zwana siłą odśrodkową, która stara się wyrzucić krążące elektrony z ich orbit. Obie te siły równoważą się jednak wzajemnie i w rezultacie elektrony krążą stale po swoich orbitach, a atom pozostaje — jak mówimy — w stanie równowagi, który trwa dopóty, dopóki nie zakłóci go jakaś przyczyna zewnętrzna.

Przyjrzyjmy się teraz zjawiskom, które zachodzą we wnętrzu świetlówki. Jak powiedzieliśmy, świetlówka wypełniona jest bardzo rozrzedzonym gazem, argonem oraz parami rtęci, których atomy poruszają się swobodnie we wszystkich kierunkach, zderzając się wzajemnie, odbijając od ścianek świetlówki itp. — słowem znajdują się w ciągłym ruchu zupełnie bezładnym. Pomiedzy tymi atomami poruszają się, również zupełnie bezładnie, nie związane z nimi elektrony, nazywane elektronami swobodnymi, które w niewielkiej liczbie znajdują się zawsze w każdym gazie. Jeśli taki swobodny elektron nabierze odpowiedniej prędkości, może się zdarzyć, że zderzając się z atomem wytrąci on jeden z elektronów krążących dookoła jądra tego atomu. Wytrącony z atomu elektron staje się również elektronem swobodnym i zaczyna poruszać się samodzielnie. Atom natomiast, z którego elektron został wyrwany, nie jest już w stanie równowagi, brak mu bowiem części ładunku elektrycznego (ujemnego), którą utracił wraz ze stratą elektronu. W atomie tym dodatni ładunek elektryczny jądra będzie zatem większy od sumy ładunków ujemnych pozostałych elektronów. Taki atom o przewadze ładunku dodatniego nazywamy j o n e m d o d a t n i m.

Jony oraz swobodne elektrony znajdują się w każdym gazie, lecz — jak powiedzieliśmy — liczba ich jest ograniczona. Znajdują się one zatem również w świetlówce, gdzie poruszają się swobodnie i zupełnie bezładnie. Jeśli do elektrod świetlówki doprowadzimy napięcie (na przykład z sieci elektrycznej), ruch swobodny elektronów i jonów staje się uporządkowany. Mianowicie elektrony obdarzone ujemnym ładunkiem elektrycznym, są przyciągane przez elektrodę dodatnią (czyli a n o d ę), jony zaś mające dodatni ładunek elektryczny są przyciągane przez elektrodę ujemną (czyli k a t o d ę), co jest powodem tego, że elektrony i jony zaczynają zdążać w przeciwnych kierunkach, nabierając znacznych prędkości. Zdążające do katody swobodne elektrony powodują coraz częstsze zderzenia z atomami i wytrącają

z nich coraz nowe elektrony. Zjawisko to, przebiegające błyskawicznie, rozpoczyna przepływ prądu elektrycznego przez świetlówkę, który jest właśnie strumieniem swobodnych elektronów zdążających bez przerwy od jednej elektrody do drugiej.

Z chwilą rozpoczęcia przepływu prądu między elektrodami temperatura wnętrza świetlówki zaczyna się podnosić. Powoduje to parowanie zawartej w świetlówce kropli rtęci, której atomy w coraz większej liczbie zaczynają wypełniać wnętrze świetlówki. Zderzające się z atomami rtęci swobodne elektrony powodują



Rys. 15. Zasada działania świetlówki: 1 — swobodny elektron zdążający z dużą prędkością od jednej elektrody do drugiej spotyka na swojej drodze jeden z elektronów krążących w atomie rtęci; 2 — zderzenie wyrzuca elektron z jego orbity na dalszą orbitę, co wprowadza atom rtęci w stan wzbudzenia; 3 — przy powrocie elektronu na dawną orbitę powstaje niewidzialne promieniowanie nadfioletowe; 4 — promieniowanie nadfioletowe spotykając na swojej drodze warstwę luminoforu wnika w nią i powoduje powstanie promieniowania widzialnego, czyli światła, które przez ściankę świetlówki uchodzi w przestrzeń

w zależności od siły zderzenia, bądź wyrwanie jednego z elektronów, czyli jonizację atomu, bądź przesunięcie jednego z elektronów krążących po najdalszej od jądra orbicie, na jeszcze dalszą orbitę, po której zazwyczaj żaden z elektronów nie krąży. Znajdujący się w takim stanie atom nazywamy **a t o m e m w z b u d z o n y m**. Stan wzbudzenia atomu trwa niezmiernie krótko (jedną kilkudziesięciomilionową część sekundy), po czym elektron wraca z powrotem na swoją pierwotną orbitę.

Przy powrocie elektronów na ich pierwotne orbity zostaje wyzwolona przez wzbudzone atomy energia promienista w postaci tak zwanych fotonów, które uchodzą w przestrzeń.

Tak więc wytwarzanie promieniowania w lampach wyładowczych polega na wysyłaniu fotonów przy powrocie elektronów wzbudzonych atomów na ich pierwotne orbity. Zależnie od warunków panujących w lampie, a więc na przykład zależnie od rodzaju gazu lub par metali zawartych w lampie oraz ich ciśnienia, wytwarzane promieniowanie jest promieniowaniem widzialnym, czyli światłem, lub niewidzialnym promieniowaniem nadfioletowym.

Takie właśnie niewidzialne promieniowanie nadfioletowe powstaje w świetlówce przy powrocie elektronów wzbudzonych na ich pierwotne orbity. Promieniowanie to napotykając na swojej drodze warstwę luminoforu pokrywającego wnętrze lampy jest przetwarzane na promieniowanie widzialne, czyli na światło.

Mechanizm wytwarzania światła przez świetlówkę jest pokazany na rys. 15.

W przeciwieństwie do żarówki — jeszcze dotychczas powszechnie stosowanego źródła światła sztucznego — której zaświecenie jest łatwe i, praktycznie biorąc, natychmiastowe po bezpośrednim włączeniu jej w obwód sieci prądu elektrycznego (co odbywa się przez przekręcenie wyłącznika) świetlówka wymaga zarówno do zaświecania, jak i do utrzymania jej nieprzerwanej pracy po zaświeceniu odpowiednich urządzeń pomocniczych. Urządzeniami tymi są statecznik oraz zapłonnik.

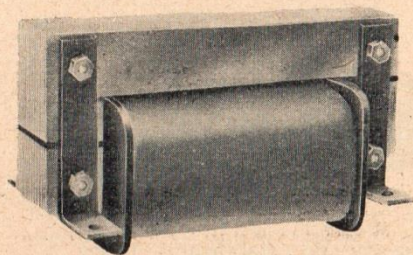
7.3. Stabilizacja pracy świetlówki

Elektrony stanowiące prąd elektryczny płynący przez świetlówkę napotykają bardzo niewielki opór przy przechodzeniu od jednej elektrody do drugiej, wskutek bowiem niskiego ciśnienia gazów (argonu i par rtęci) wypełniających świetlówkę, atomy, między którymi przechodzą elektrony, są stosunkowo rzadko rozsiadane we wnętrzu świetlówki. Powoduje to swobodny przepływ przez wnętrze świetlówki elektronów napływających z sieci elektrycznej przewodami i co za tym idzie coraz liczniejsze i częstsze zderzenia tych elektronów z atomami rtęci, czyli coraz gwałtowniejszą jonizację tych atomów. Uwolnione w czasie jonizacji elektrony swobodnie przyłączając się w coraz większej liczbie do strumienia elektronów napływających przez elektrody z sieci powodują gwałtowny, lawinowy wzrost prądu; gdyby wzrost ten nie był hamowany, doprowadziłby on do zniszczenia świetlówki.

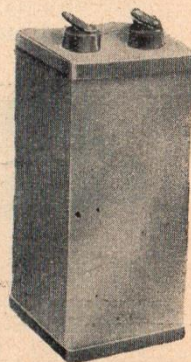
Aby zapobiec nadmiernemu wzrostowi prądu w świetlówce, konieczne jest zatem wyposażenie jej w urządzenie stabilizujące

jej pracę, czyli regulujące przepływ prądu w takich granicach, w których to jest potrzebne do zapewnienia prawidłowego działania świetlówki. Urządzenie regulujące prąd w świetlówce nosi nazwę statecznika (stabilizatora).

Najprostszym statecznikiem jest zwykły opornik, wykonany z drutu oporowego nawiniętego na rurkę z materiału izolacyjnego (na przykład z porcelany), który włączony w obwód świetlówki reguluje przepływ prądu podobnie jak oporniki używane przy rozruchu silników elektrycznych. Stateczniki tego rodzaju nie są jednak stosowane, a to głównie dlatego, że zużywają one bezużytecznie prawie tyle samo mocy elektrycznej co świetlówka. Na przykład statecznik oporowy świetlówki o mocy 40 watów



Rys. 16. Dławik produkcji krajowej. Widoczna w rdzeniu (z lewej strony) szczelina służąca do regulacji oporności indukcyjnej dławika może być regulowana tylko przez fabrykę wytwarzającą dławiki



Rys. 17. Kondensator stanowiący część składową statecznika

zużywa również 40 watów, co daje łączne zużycie mocy 80 watów, a więc powoduje niepotrzebne straty i związane z tym koszty.

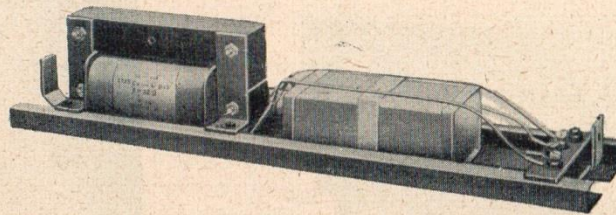
W świetlówkach zasilanych prądem zmiennym stosowane są powszechnie stateczniki składające się z dwóch elementów: dławika i kondensatora. Dławik jest to zwojnica z odpowiedniego nawiniętego drutu miedzianego, izolowanego, osadzona na tak zwanym rdzeniu wykonanym z cienkich blaszek żelaznych, połączonych w jedną całość (rys. 16).

Charakterystyczną cechą dławika jest tak zwana oporność indukcyjna, która polega na przeciwstawianiu się zmianom wartości prądu podczas przepływu przez dławik prądu zmiennego. Dławik działa więc podobnie jak zwykły opornik, lecz zużywa

przy tym znacznie mniej mocy; na przykład dławik świetlówki o mocy 40 watów zużywa zaledwie 7 do 8 watów, podczas gdy opornik zużywałby — jak powiedzieliśmy wyżej — aż 40 watów.

Oporność indukcyjna dławika zależy między innymi od szerokości szczeliny pomiędzy blaszkami żelaznego rdzenia, na którym osadzone jest uzwojenie miedziane (patrz rys. 16). Szerokość tej szczeliny jest dokładnie wyregulowana przez zakład produkujący dławiki, toteż w żadnym przypadku nie wolno tej szerokości zmieniać.

Z dławikiem, stanowiącym właściwy regulator prądu świetlówki, połączony jest kondensator (rys. 17), będący zbiornikiem elektryczności; gromadzi on nadmiar zbędnych elektronów, które następnie oddaje w odpowiednich momentach świetlówce, przyczyniając się w ten sposób do zmniejszenia natężenia prądu w przewodach łączących świetlówkę z siecią oświetle-



Rys. 18. Statecznik, służący do stabilizacji pracy świetlówki, składa się z dławika (z lewej strony) i kondensatora (z prawej strony), odpowiednio połączonych przewodami

niową. Na rys. 18 pokazano zespół składający się z dławika i kondensatora.

W niektórych przypadkach, między innymi również w przypadku zasilania świetlówek prądem stałym, stosuje się jako stateczniki żarówki o odpowiednim napięciu i poborze mocy. Żarówki działają podobnie jak zwykłe oporniki, zużywają więc w przybliżeniu tyle samo mocy co świetlówka, której prąd regulują; strata ta jest częściowo wynagrodzona przez światło, które te żarówki wytwarzają podczas przepływu przez nie prądu. Na rys. 25 przedstawiona jest oprawa do świetlówek wyposażona w żarówki służące jako stateczniki.

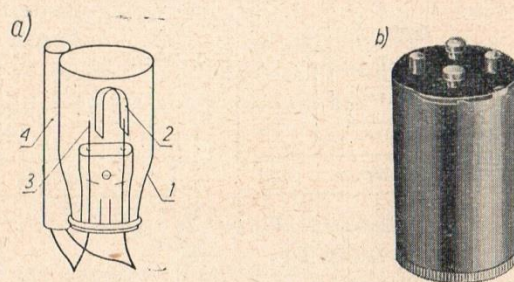
7.4. Zapłon i zapłonnik

Zapłonnik, jak wskazuje nazwa, służy do spowodowania zapłonu, czyli zaświecenia lampy po włączeniu jej w obwód prądu elektrycznego. Aby bowiem świetlówka zaświeciła się, muszą

być spełnione pewne warunki, a mianowicie: przez elektrody musi popłynąć prąd elektryczny i nagrzać je do określonej temperatury, następnie napięcie prądu elektrycznego zasilającego świetlówkę musi na krótką chwilę podnieść się na tyle, żeby nastąpił przeskok energii elektrycznej od jednej elektrody do drugiej ¹⁾.

Spełnienie tych warunków wymaga pewnego czasu, toteż po włączeniu prądu świetlówka nie zaświeca się natychmiast, tak jak to ma miejsce w żarówkach, lecz dopiero po upływie kilku sekund.

W miarę jak temperatura lampy podnosi się, kropelka rtęci zawarta w lampie paruje, wskutek czego powstaje coraz silniejsze promieniowanie nadfiołkowe.



Rys. 19. Zapłonnik: a) budowa; b) wygląd zewnętrzny (wielkość naturalna):
1 — lampka wyładowcza zapłonnika; 2 — wyłącznik temperaturowy;
3 — styk nieruchomy; 4 — mały kondensator

Promieniowanie to spotykając na swojej drodze warstwę luminoforu zostaje przetworzone na promieniowanie widzialne, czyli na światło. Już po kilku sekundach strumień świetlny osiąga około 85% pełnej wartości, jednak ostateczne ustalenie wartości strumienia i temperatury świetlówki następuje dopiero po upływie około 15 minut.

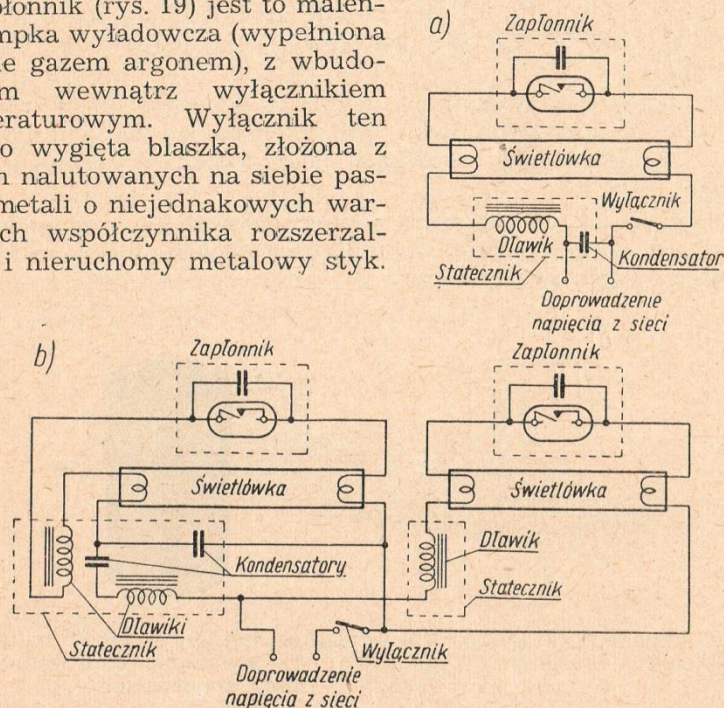
Po dokonaniu zapłonu zapłonnik wyłącza się samoczynnie, gdyż jego rola jest skończona. Nadal pracuje natomiast statecznik, który już podczas zapłonu świetlówki spełnił jedno ze swoich zadań przyczyniając się do podwyższenia napięcia koniecznego do spowodowania zapłonu.

Dalsza rola statecznika polega na utrzymaniu natężenia prądu w świetlówce na poziomie zapewniającym jej prawidłowe działanie. Jak wiemy bowiem, bez statecznika prąd wzrósłby tak

¹⁾ Opis dotyczy powszechnie stosowanych i produkowanych w kraju świetlówek tzw. o gorących podgrzewanych elektrodach.

znacznie i gwałtownie że po kilku sekundach świetlówka uległaby zniszczeniu. Należy zatem pamiętać, że świetlówki nie można włączać bez statecznika bezpośrednio do sieci prądu elektrycznego.

Zapłonnik (rys. 19) jest to mała lampka wyładowcza (wypełniona zwykle gazem argonem), z wbudowanym wewnątrz wyłącznikiem temperaturowym. Wyłącznik ten jest to wygięta blaszka, złożona z dwóch nalutowanych na siebie paszków metali o niejednakowych wartościach współczynnika rozszerzalności i nieruchomy metalowy styk.



Rys. 20. Układ połączeń wewnętrznych: a) w oprawie do jednej świetlówki; b) w oprawie do dwóch świetlówek. Układ b) nosi nazwę układu sprzężonego. Ma on wiele zalet, między innymi usuwa prawie całkowicie miganie, czyli pulsowanie światła świetlówek, toteż jest powszechnie stosowany

Na rys. 20 przedstawiono układy połączeń, czyli zobraowano sposoby wzajemnego połączenia przewodami świetlówek, stateczników i zapłonników oraz pokazano sposób doprowadzenia napięcia z sieci oświetleniowej (por. rozdz. 8.1). Jeżeli np. w układzie jak na rys. 20a zamknijemy wyłącznik sieciowy, to prąd popłynie w obwodzie utworzonym przez dławik, lewą elektrodę, zapłonnik i prawą elektrodę. Wskutek przepływu prądu lampka wyładowcza zapłonnika (rys. 19a) zaczyna się nagrzewać i w pewnej chwili umieszczony w niej wyłącznik temperaturowy zamyka się. Powoduje to zwarcie lampki, która ma dużą oporność, w wyniku czego przez dławik i elektrody przepływa teraz prąd o znacz-

nie większym natężeniu. Elektrody rozgrzewają się i zaczynają wysyłać obficie elektrony. Ponieważ jednak lampka wyładowcza jest zwarta, wyłącznik temperaturowy stygnie i po chwili nagle przerywa prąd. Wskutek tego w układzie z dławikiem i kondensatorem powstaje chwilowe podwyższenie napięcia i świetlówka zaświeca się. Od tego momentu płynie przez nią pełny prąd wyładowania, wskutek czego na dławiku powstaje duży spadek napięcia. Po zaświeceniu, na świetlówkę, a więc i na równolegle z nią połączoną lampkę zapłonnik, przypada część napięcia sieci wynosząca około 105 do 110 woltów. Lampka zapłonnik nie zaświeci się powtórnie, ponieważ jest ona tak zbudowana, iż jej napięcie zapłonu wynosi 180 woltów. Zapłonnik pozostaje więc nieczynny przez cały czas świecenia świetlówki.

Ponieważ zapłonnik podczas swojego działania powoduje zakłócenia w odbiorze radiowym w postaci trzasków słyszanych we wszystkich odbiornikach znajdujących się w pobliżu, do lampki zapłonnik przyłączony jest małeńki kondensator (rys. 19a), który zapobiega tym zakłóceniom. Lampka zapłonnik i kondensator są zamknięte w osłonie metalowej, której wygląd zewnętrzny przedstawiono na rys. 19b.

7.5. Warstwa luminoforu

Warstwa luminoforów, czyli mieszanina ciał, w których powstaje zjawisko fluorescencji, pokrywająca wewnętrzną ściankę świetlówki, stanowi bardzo ważny i ciekawy element jej budowy.

Jak wiemy, w warstwie tej odbywa się przetwarzanie niewidzialnych promieni nadfioletowych, powstających w czasie działania lampy, na promienie widzialne, czyli na światło. W zależności jednak od składu chemicznego luminoforów promienie nadfioletowe przetwarzane są na światło o różnej długości fali, co pozwala na otrzymywanie światła o różnej barwie. Przez odpowiedni dobór luminoforów i wymieszanie ich w odpowiednim stosunku można zatem otrzymać światło widzialne o określonej z góry barwie.

Wielkie postępy poczynione w ostatnich latach w zakresie produkcji luminoforów umożliwiły otrzymanie światła o ogromnej różnorodności barw, a w szczególności tak zwanego światła dziennego, co dotychczas było możliwe tylko przy użyciu źródeł światła o specjalnej i kosztownej budowie (np. przy użyciu żarówek zaopatrzonych w filtry barwne).

W Polsce wytwarzane są obecnie świetlówki o trzech odcieniach barw wysyланego przez nie światła, a mianowicie:

- 1) świetlówki o barwie światła dziennej,
- 2) świetlówki o barwie światła białej,
- 3) świetlówki o barwie światła ciepłobiałej.

Światłówki o barwie światła dziennej dają światło odpowiadające pod względem barwy światłu pochodzącemu od słońca całkowicie zakrytego przez chmury. W świetle tym barwy tkanin, obrazów i wszelkich innych przedmiotów widziane są prawie tak samo jak przy świetle dziennym. Światło o barwie dziennej wywołuje (zwłaszcza przy małym natężeniu oświetlenia) wrażenie chłodu, dlatego też prawdopodobnie z tego względu światłówki o barwie dziennej cieszą się tak dużym powodzeniem w krajach ciepłych, w których ludzie uciekają się do wszelkich sposobów złagodzenia dokuczliwego upału.

Światłówki o barwie światła białej dają światło zbliżone barwą do światła pochodzącego od tarczy słonecznej. W świetle tym barwy przedmiotów rozróżniane są nie tak dokładnie jak przy światłówkach o dziennej barwie światła, znacznie jednak lepiej niż w świetle żarówek. Światło to dobrze łączy się z naturalnym światłem dziennym oraz ze światłem żarówek. Zaleta ta ma duże znaczenie w przypadku konieczności uzupełniania w ciągu dnia niedostatecznego oświetlenia za pomocą światła sztucznego lub w przypadku konieczności uzupełniania w ciągu dnia niedostatecznego oświetlenia naturalnego lub w przypadku, gdy to samo pomieszczenie jest jednocześnie oświetlane żarówkami i światłówkami (np. gdy te ostatnie stabilizowane są za pomocą żarówek — patrz rozdz. 7.3).

Światłówki o barwie światła ciepłobiałej dają przyjemne i łagodne światło, sprawiające wrażenie ciepła i pogody, uspasabiające do wypoczynku lub rozrywki; twarze ludzkie nabierają w nim żywych odcieni, a przedmioty o barwie czerwonej, niebieskiej i purpurowej zyskują pełny wyraz.

Przez umiejętne stosowanie wymienionych rodzajów światłówek można zapewnić, jak zobaczymy dalej, dobre oświetlenie odpowiadające każdemu przeznaczeniu.

7.6. Zalety i wady światłówek

Zaznaczyliśmy już kilkakrotnie, że światłówka dzięki swoim zaletom rozpowszechnia się coraz bardziej zamiast stosowanych dotychczas powszechnie żarówek. Jakież to zalety sprawiają, że wolimy obecnie światłówkę od żarówki?

Zalet ma światłówka wiele, a najważniejsze z nich to:

1. Duża sprawność, i wynikająca z niej duża wydajność świetlna, wynosząca przy uwzględnieniu straty w stateczniku około 40 lumenów na 1 wat mocy elektrycznej, pobranej z sieci; wydajność ta jest więc około trzy razy większa od wydajności żarówek.

2. Duża trwałość, czyli ogólna liczba godzin świecenia, wynosząca (dla światłówek produkcji krajowej) ponad dwa tysiące

godzin; jest ona zatem dwa razy większa od trwałości żarówek. Należy zaznaczyć, że trwałość świetlówki maleje w zależności od częstości zaświecania i gaszenia. Im dłuższe są nieprzerwane okresy świecenia, tym dłużej będzie nam świetlówka służyć. Z powyższego wynika, że w miejscach, w których się często zaświeca i gasi światło (np. w ubikacjach), świetlówek nie należy stosować.

3. Odpowiednia barwa światła umożliwiającą należyte rozróżnianie barw przedmiotów oświetlonych oraz możliwość dowolnego doboru barwy światła w zależności od potrzeby — czego przy użyciu żarówek, praktycznie biorąc, nie można uzyskać.

4. Mała jasność powierzchni świetlówki wynosząca (dla świetlówek produkcji krajowej) zaledwie 0,35 do 0,6 stilba, czyli około 1000 razy mniejsza od jasności żarówki; dzięki tej właściwości w niektórych przypadkach można stosować świetlówki bez żadnych osłon, które w przypadku żarówek są zawsze niezbędne w celu zapobieżenia olśnieniu wzroku.

5. Duża powierzchnia świetlówki (około 1000 razy większa od powierzchni żarnika żarówki o takiej samej wartości strumienia świetlnego) sprawia, że oświetlenie jest łagodnie rozproszone i pozbawione ostrych cieni, a więc pozwala na lepsze rozróżnianie szczegółów oglądanych przedmiotów niż to ma miejsce przy oświetleniu żarówkowym.

6. Słabe wydzielanie ciepła, (około trzy razy mniej niż przy żarówkach o takiej samej wartości strumienia świetlnego), ogranicza niepotrzebne często nagrzewanie pomieszczeń (szczególnie w porze letniej) oraz szkodliwe dla zdrowia nagrzewanie ciała pracownika (szczególnie głowy) co ma miejsce przy niskim umieszczeniu źródeł światła nad stołami, warsztatami itp. (patrz rys. 44).

Żeby mieć pełne wyobrażenie o wartości świetlówki, należy przeciwstawić jej licznym zaletom wady, jakie wykazuje świetlówka w swoim obecnym wykonaniu.

Do głównych wad świetlówki należy zaliczyć:

1. Konieczność stosowania sprzętu pomocniczego (stateczniki i zapłonniki), co sprawia, że koszty zainstalowania świetlówek są wyższe od kosztów zainstalowania tańszych i nie wymagających żadnego sprzętu pomocniczego żarówek. Duża jednak wydajność świetlna i trwałość świetlówek oraz ich liczne zalety oświetleniowe wynagradzają sownie poniesione jednorazowo koszty zainstalowania.

Należy jednak pamiętać, że urządzenia oświetlenia świetlówkowego pracują tylko wówczas dobrze i wydajnie, jeżeli są bardzo starannie wykonane. Dotyczy to nie tylko wykonania samych świetlówek oraz zapłonników, stateczników i opraw oświetlenio-

wych (patrz rozdz. 8), lecz również wykonania połączeń poszczególnych części i należytej konserwacji urządzeń oświetleniowych.

2. Wrażliwość na temperaturę otoczenia, która powoduje, że świetlówki znajdujące się obecnie w sprzedaży można stosować jedynie w pomieszczeniach, w których temperatura wynosi przynajmniej $+5^{\circ}\text{C}$.

W naszych warunkach klimatycznych świetlówkowe urządzenia oświetleniowe produkowane obecnie w kraju nie mogą być instalowane na zewnątrz budynków, w zimie bowiem, gdy temperatura spada poniżej zera, nie będą one działać zupełnie lub działanie ich będzie wadliwe. Podczas mrozu należy stosować w oświetleniu świetlówkowym specjalne świetlówki i zapłonniki oraz odpowiednie oprawy oświetleniowe (patrz rys. 31) nie produkowane jeszcze w kraju.

Świetlówki działają najlepiej i wykazują wszystkie wymienione powyżej zalety w temperaturze otoczenia od $+5$ do $+35^{\circ}\text{C}$.

Gdy temperatura otoczenia podnosi się np. do $+45^{\circ}\text{C}$, wydajność świetlna nie osłoniętej świetlówki zmniejsza się o 15 do 50% (zależnie od typu świetlówki). Ponadto wysoka temperatura działa szkodliwie na dławiki i kondensatory; w pomieszczeniach, w których panuje wysoka temperatura należy więc dbać o należyłą wentylację oraz o odpowiednie chłodzenie opraw oświetleniowych. Silne przeciągi powodują wprawdzie dobre chłodzenie urządzeń oświetlenia świetlówkowego, a więc zmniejszają szkodliwy wpływ wysokiej temperatury na ich pracę, mogą być jednak powodem zakłóceń prawidłowego działania świetlówek (patrz rozdział 7.8).

3. Migotanie (pulsowanie) światła w świetlówkach zasilanych prądem zmiennym polega na bardzo szybko następującym po sobie (100 razy na sekundę) przygasaniu i ponownym zaświecaniu świetlówki. Normalnie oko zupełnie nie spostrzega tego pulsowania. Oko ma bowiem tę właściwość, że nie rozróżnia wrażeń następujących po sobie z prędkością większą niż 16 zmian na sekundę. Na tej właściwości oparta jest między innymi zasada działania kinematografu.

W pewnych jednak przypadkach, a mianowicie gdy przedmioty oglądane posuwają się szybko do przodu i cofają do tyłu lub obracają się, miganie to może wywołać pewne złudzenie wzrokowe przeszkadzające w widzeniu, które nosi nazwę zjawiska stroboskopowego. Polega ono na tym, że przy pewnej prędkości ruchu przedmiot ruchomy, na przykład obracające się koło maszyny, może się wydać nieruchomym, co wskutek powstałego złudzenia wzrokowego może niekiedy spowodować nieszczęśliwy wypadek.

Przez odpowiednie połączenie elektryczne poszczególnych świetlówek (patrz rys. 20b) można zmniejszyć pulsowanie światła do tego stopnia, że zjawisko stroboskopowe nie występuje prawie

zupełnie, a zatem jedna z głównych wad świetlówek przestała być aktualna.

Oprócz tych wad można by wymienić również jako wady obecnie produkowanych w kraju świetlówek opóźnione zaświecanie się, na które trzeba czekać kilka sekund po przekręceniu wyłącznika oraz znaczny wpływ częstości zaświecania i gaszenia na trwałość świetlówki; wady te nie są jednak istotne, a przez wprowadzenie dalszych ulepszeń do budowy świetlówki są one stopniowo zmniejszane.

Porównując zatem zalety i wady świetlówek musimy uznać ich niewątpliwą wyższość w stosunku do wszystkich innych wytwarzanych obecnie źródeł sztucznego światła, z których żadne nie posiada równocześnie tylu zalet.

Pomimo to uczeni i wynalazcy nadal pracują wytrwale nad dalszym ulepszaniem świetlówki i nad nowymi sposobami wytwarzania sztucznego światła, nie jest więc wykluczone, że już niedługo ukaże się nowe źródło światła bardziej doskonałe niż świetlówka w jej obecnym wykonaniu.

7.7. Jakie świetlówki produkuje się w Polsce?

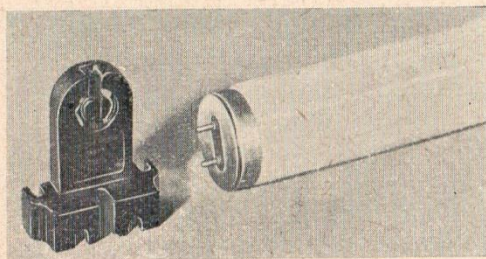
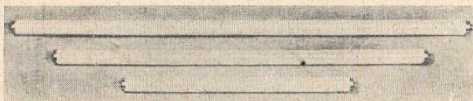
Duże zalety świetlówek sprawiły, że i w naszym kraju rozpoczęto na szeroką skalę produkcję świetlówek oraz sprzętu pomocniczego. Ponieważ produkcja ta jest trudna i kosztowna, wymaga

Tablica 1

Dane techniczne świetlówek produkcji krajowej (rys. 21) według pomiarów przeprowadzonych przez Instytut Elektrotechniki w roku 1954

Moc świetłówki w watach	Długość świetłówki w centy- metrach	Barwa światła	Strumień świetlny (po 100 godzinach świecenia) w lumenach	Trwałość świetłówki w godzinach
17,5	50	dzienna	550	2000
		ciepłobiała	600	
		biała	650	
25	97	dzienna	1050	2000
		ciepłobiała	1100	
		biała	1150	
40	120	dzienna	1850	2000
		ciepłobiała	1950	
		biała	2000	
Średnica zewnętrzna wszystkich świetlówek wynosi 38 milimetrów				

bowiem licznej kadry fachowców o wysokich kwalifikacjach oraz skomplikowanych urządzeń produkcyjnych i bardzo specjalnych, trudnych do wytwarzania materiałów, rozwój przemysłu świetlówek postępuje etapami, przełamując liczne trudności i zwalczając niepowodzenia oraz ulepszając swoje wyroby.



Rys. 21. Tak wyglądają świetlówki produkcji krajowej (o mocy 17,5, 25 i 40 watów licząc od dołu rysunku). Poniżej przedstawiony jest w powiększeniu jeden z końców świetlówki (widoczne są kolki stykowe) oraz oprawka do świetlówki

Obecnie w Polsce produkuje się już masowo kilka typów świetlówek, które zaspokajają większość potrzeb oświetleniowych (rys. 21).

W tabl. 1 zestawione zostały dane techniczne, które pozwolą czytelnikowi zorientować się w asortymencie świetlówek krajowych, które są obecnie w sprzedaży.

Oprócz świetlówek przemysł krajowy produkuje również sprzęt pomocniczy, tj. zapłonniki i stateczniki, o których mówiliśmy w rozdziale 7.3 i 7.4, oraz oprawy oświetleniowe, które omówimy w następnym rozdziale.

Dzięki rozwojowi tej gałęzi przemysłu uniezależniliśmy się całkowicie od zagranicy i stworzyliśmy odpowiednie warunki do tego, żeby i w naszym kraju świetlówka stała się powszechnie stosowanym źródłem sztucznego światła, które jak przekonaaliśmy się zapewnia tyle oczywistych korzyści.

7.8. Wady działania świetlówek i sposoby ich usuwania

W oświetleniu żarówkowym przyczyny zakłóceń prawidłowego działania są bardzo proste do ustalenia, na ogół bowiem powodem nie świecenia się żarówki jest „przepalenie się” żarnika lub przerwa w dopływie prądu spowodowana najczęściej złym stykiem w oprawce, w wyłączniku lub w gniazdku. Wady te można bez żadnych trudności usunąć we własnym zakresie bądź wymieniając żarówkę lub usuwając przerwę w dopływie prądu.

Inaczej natomiast przedstawia się zagadnienie zakłóceń w prawidłowym działaniu świetlówek. Bardzo złożona budowa świetlówek oraz konieczność stosowania sprzętu pomocniczego w po-

Wady działania świetlówek i sposoby naprawy

Objawy wadliwego działania	Prawdopodobna przyczyna	Środek zaradczy
Po włączeniu świetlówka nie zaświeca się	Zbyt duży chwilowy spadek napięcia w sieci	Poczekać, aż pojawi się normalne napięcie
	„Przepalenie“ jednej lub obu skrętek elektrod	Wymienić świetlówkę na nową
	Uszkodzenie zapłonika	Wymienić zapłonnik; jeśli to nie pomoże — sprawdzić wszystkie połączenia w oprawie
Częste, powolne miganie światła przy zaświecaniu lub w czasie świecenia	Jeśli świetlówka pokryta jest wewnątrz ciemnym nalotem (nowa świetlówka ma barwę mleczno-białą) oznacza to kres jej trwałości	Wymienić świetlówkę na nową, gdyż w przeciwnym razie mogą nastąpić poważniejsze uszkodzenia obwodu świetlówki
	Jeśli świetlówka jest nowa powodem może być zbyt niska temperatura otoczenia lub zbyt silne przeciągi	Zabezpieczyć odpowiednio świetlówkę (osłonić ją)
	Wadliwy lub uszkodzony zapłonnik. Można to poznać zazwyczaj po jarzeniu się zapłonika podczas działania świetlówki, co nie powinno mieć miejsca	Wymienić zapłonnik
	Chwilowe spadki napięcia w sieci	Poczekać, aż pojawi się normalne napięcie
	Jeśli świetlówka jest nowa i nie występują przyczyny wymienione wyżej, powodem jest wadliwe wykonanie świetlówki	Wymienić świetlówkę na inną
Świecenie świetlówki wywołuje wrażenie jakby cały słup świetlny poruszał się (kręcił) w jej wnętrzu	Wada fabrykacyjna świetlówki	Włączyć świetlówkę i następnie po krótkim czasie wyłączyć. Jeśli po kilkakrotnych włączeniach i wyłączeniach zjawisko nie zniknie — wymienić świetlówkę

c. d. tabl. 2

Objawy wadliwego działania	Prawdopodobna przyczyna	Środek zaradczy
Po włączeniu świetlówka nie zaświeca się, a obie skrętki elektrod są rozżarzone	Trwałe zwarcie styków zapłonika	Jeśli lekkie uderzenie zapłonika nie pomaga — wymienić zapłonnik, w przeciwnym razie świetlówka ulegnie zniszczeniu
Końce świetlówek czernieją	Zwykłe zużywanie się świetlówek	
Oprawa brzęczy silnie	Wadliwie wykonane połączenia w oprawie	Sprawdzić przy pomocy specjalisty połączenia lub wymienić oprawę
Słabe brzęczenie oprawy	Drgania dławika	Ustawić w oprawie dławik na podkładkach z filcu, gumy lub tp.

staci dławików, kondensatorów i zapłonników powodują, że ustalenie powodów wadliwego działania świetlówek napotyka na znaczne trudności. Nic więc dziwnego, że użytkownik dość skomplikowanych urządzeń do oświetlenia świetlówkowego nie zawsze potrafi wykryć i usunąć powód wadliwego działania, które może się objawiać w bardzo różny sposób.

Dla czytelników, którzy są bardziej obeznani z urządzeniami elektrycznymi, podajemy w postaci tabl. 2 wykaz najczęściej spotykanych objawów wadliwego działania świetlówek, prawdopodobne przyczyny ich powstawania oraz sposoby usuwania tych wad.

8. OPRAWY OŚWIETLENIOWE DO ŚWIETLÓWEK

8.1. Do czego służy oprawa oświetleniowa

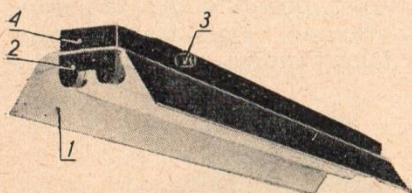
Zarówno świeca, jak i płomień gazowy, żarówka czy też świetlówka wymagają do bezpiecznego i należytego użytkowania urządzenia, w którym umieszcza się źródło światła; urządzenie to nosi nazwę oprawy oświetleniowej.

Jak już powiedziano w rozdz. 1, dawniej, gdy w użyciu były tylko płomienne źródła światła, oprawa służyła do ich umocowania oraz do zabezpieczenia otoczenia przed pożarem. Tak

powstały lampy olejowe, lichtarze, świeczniki wiszące u stropu, kandelabry itp. Przy wytwarzaniu tych opraw względy oświetleniowe nie były na ogół brane pod uwagę, często natomiast nadawano oprawom piękne kształty czyniąc z nich prawdziwe dzieła sztuki rzemieślniczej. Dopiero od czasu upowszechnienia żarówki, gdy technika świetlna zaczęła czynić znaczne i szybkie postępy, zmieniła się rola oprawy oświetleniowej. Oprawa stała się urządzeniem koniecznym do należytego użytkowania źródła światła.

Oprawa oświetleniowa (rys. 22) spełnia następujące zadania:

A. Kieruje światło na przedmioty oświetlone. Światłówka, podobnie jak i żarówka lub każde inne źródło światła, wysyła w przestrzeń strumień świetlny (patrz rozdz. 4.2), którego roz-



Rys. 22. Otwarta oprawa przemysłowa do dwóch świetlówek, kierująca cały strumień świetlny do dołu. Oprawa taka nosi nazwę oprawy do oświetlenia bezpośredniego: 1 — metalowy odbłyśnik emaliowany lub lakierowany wewnątrz na białą, który kieruje światło w dół na przedmioty oświetlane; 2 — oprawki do umocowania świetlówek; 3 — zapłonnik (drugi zapłonnik przeznaczony do drugiej świetlówki jest niewidoczny, znajduje się on bowiem po przeciwnej stronie oprawy); 4 — kadłub oprawy, w którym zamknięte są stateczniki (po jednym dla każdej świetlówki)



Rys. 23. Otwarta oprawa przemysłowa do czterech świetlówek, kierująca przeważną część strumienia świetlnego do dołu oraz niewielką część (około 1/3) ku górze przez szczeliny widoczne w górnej części odbłyśnika. Oprawa taka nosi nazwę oprawy do oświetlenia przeważnie bezpośredniego

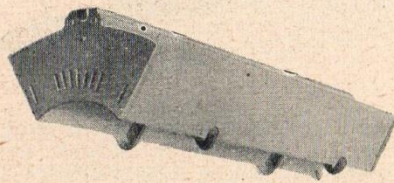
kład jest na ogół nieodpowiedni do uzyskania należytego oświetlenia; konieczne jest więc stosowanie osłon zapobiegających promieniowaniu światła w tych kierunkach, w jakich jest to zbędne lub nawet niepożądane. Natomiast strumień świetlny powinien być kierowany tam, gdzie tego wymagają potrzeby oświetlenia. Powyższe zadanie spełnia oprawa oświetleniowa za pośrednictwem odbłyśnika, czyli metalowej, odpowiednio ukształtowanej osłony, pokrytej zazwyczaj białą emalią lub lakierem dobrze odbijającym światło. Do celu tego może też służyć klosz lub płyta ze szkła matowego lub mlecznego.

Przez odpowiednią konstrukcję oprawy i odpowiedni dobór materiałów użytych do jej budowy można zatem uzyskać różny

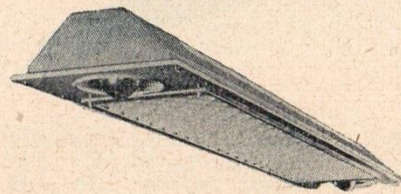
sposób rozsyłu światła przez oprawę. A więc na przykład można budować oprawy kierujące cały strumień świetlny w dół (oprawa przedstawiona na rys. 22) lub też w dół i częściowo ku górze (oprawa przedstawiona na rys. 23). Można też uzyskiwać prawie równomierny rozsył światła we wszystkich kierunkach (jak na przykład oprawa przedstawiona na rys. 24).

W dalszych rozdziałach niniejszej książki będzie mowa o tym, w jaki sposób wykorzystuje się w oświetleniu oprawy omówionych rodzajów.

B. Chroni wzrok przed jaskrawością świetlówek. Jaskrawość świetlówek choć bardzo niewielka w porównaniu z dużą jaskrawością żarówek może ze względu na znaczną powierzchnię świecąca świetlówek powodować oślnienie. Pogarsza to bardzo warunki widzenia i dlatego też nawet świetlówek powinny być tak osłonięte, żeby wysyłane przez nie światło nie mogło trafić bezpośrednio do oka patrzącego. Osłonę taką stanowi, jak powiedzie-



Rys. 24. Otwarta oprawa do dwóch świetlówek, zaopatrzona w boczne szyby ze szkła matowego, które rozpraszając światło zmniejszają jaskrawość świetlówek. Oprawa taka nosi nazwę oprawy do oświetlenia rozproszonego



Rys. 25. Oprawa do oświetlenia przebieżnie bezpośredniego, zaopatrzona w dolnej części w specjalną przesłonę w postaci kratki ograniczającą jaskrawość świetlówek. W oprawie tej statecznik stanowią żarówki (widoczne na zdjęciu)

liśmy wyżej, odbłyśnik lub odpowiednio zbudowane przesłony zapobiegające oślnieniu, na przykład płyty ze szkła matowego lub mlecznego (patrz rys. 25).

C. Chroni świetlówek i sprzęt pomocniczy przed uszkodzeniem i działaniem zmian temperatury. Świetlówka, tak jak zresztą wszystkie elektryczne źródła światła, wykonana jest ze szkła, a więc z materiału łatwo tłukącego się. Wykonana z metalu oprawa chroni świetlówkę przed uszkodzeniami mechanicznymi, a ponadto chroni ją przed zbyt gwałtownymi zmianami temperatury, której wahania działają szkodliwie na jej pracę. Przy odpowiedniej budowie oprawa zabezpiecza świetlówkę również przed innymi czynnikami, które mogą zakłócić jej prawidłowe działanie lub też uszkodzić świetlówkę albo sprzęt pomocniczy (patrz rozdz. 8.2).

D. Umożliwia łatwe rozmieszczenie świetlówek w oświetlanym pomieszczeniu, przyłączenie ich do przewodów instalacji elektrycznej oraz dokonywanie wymiany świetlówek w razie ich uszkodzenia. W oświetlanym pomieszczeniu źródła światła muszą być rozmieszczone w odpowiedni sposób i połączone z przewodami instalacji elektrycznej. Połączenie to musi umożliwiać łatwą wymianę uszkodzonych świetlówek bez konieczności jakichkolwiek przeróbek w instalacji elektrycznej oraz łatwe wyjmowanie ich w celu oczyszczenia z kurzu (patrz rozdz. 8.3). Do tego celu służą specjalne oprawki (rys. 21), w które zaopatrzona jest oprawa.

Oprawki służące do umocowania świetlówek połączone są wewnątrz oprawy za pomocą przewodów ze statecznikiem zamkniętym w kadłubie oprawy oraz z zapłonnikiem umieszczonym z boku oprawy (patrz rys. 22). Ponieważ trwałość zapłonnika jest także ograniczona, podobnie jak i trwałość świetlówek, zapłonnik umocowany jest również w specjalnej oprawce, z której może być łatwo wyjmowany. W ten sposób świetlówka i konieczny do jej prawidłowego działania sprzęt pomocniczy stanowią jedną całość, którą można zainstalować w dowolnym miejscu.

W zależności od potrzeby oprawy mogą być dostosowane do jednej lub kilku świetlówek i mają wówczas odpowiednią liczbę stateczników i zapłonników, które muszą być właściwie i starannie połączone.

Dla przykładu podajemy na rys. 20a i 20b układy połączeń obrazujące sposób wykonania połączeń wewnątrz oprawy do jednej i dwóch świetlówek. Układ przedstawiony na rys. 20b nosi nazwę układu sprzężonego. Zapewnia on szereg korzyści (między innymi zmniejsza on prawie całkowicie miganie światła), toteż jest powszechnie stosowany.

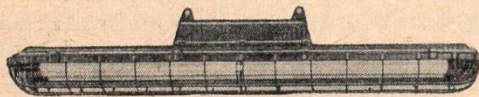
E. Ostatnim, niemniej ważnym zadaniem oprawy oświetleniowej jest **stworzenie z poszczególnych elementów, z jakich składa się oprawa, estetycznej całości** dostosowanej kształtem i wykończeniem do charakteru wnętrza, do którego oprawa jest przeznaczona.

Jak zatem widzimy, oprawa oświetleniowa jest urządzeniem niezmiernie ważnym i niezbędnym do należytego użytkowania wszelkich źródeł światła. Nawet świetlówka — najlepsze ze znanych obecnie źródeł światła — nie może zapewnić dobrego oświetlenia bez pomocy odpowiedniej oprawy, która kierując światło tam, gdzie to jest pożądane, i chroniąc wzrok przed olśnieniem umożliwia spełnienie podstawowych wymagań, stawianych dobremu oświetleniu.

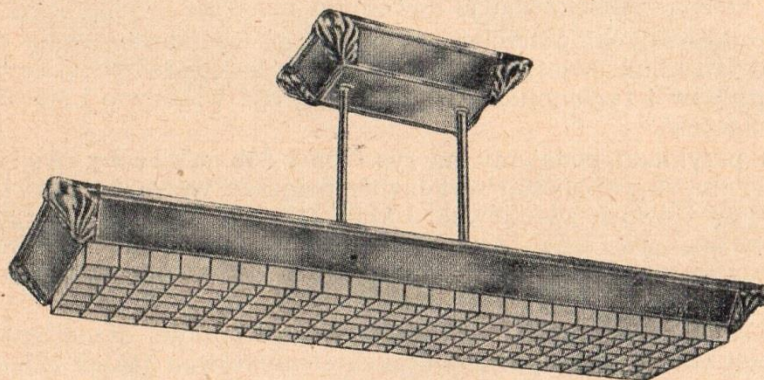
8.2. Jakie są rodzaje opraw oświetleniowych

Wielka różnorodność opraw oświetleniowych, stosowanych we wszystkich dziedzinach naszego życia, zmusiła konstruktorów do opracowania opraw odpowiednich do każdego przeznaczenia

i każdych warunków pracy. W rezultacie powstało bardzo wiele rodzajów opraw oświetleniowych, różniących się między sobą nie tylko rozsyłem światła, lecz również budową, która musi być przystosowana zarówno do przeznaczenia oprawy, jak i do warunków, w jakich oprawa ma pracować. Na przykład oprawa przeznaczona do oświetlenia



Rys. 26. Oprawa kopalniana do dwóch świetlówek, służąca do oświetlenia bezpośredniego. Świetłówki zamknięte są kloszem ze szkła przezroczystego, zabezpieczonym siatką z prętów metalowych. Oprawa ta przeznaczona jest do pracy w podziemiach kopalń, w których istnieje niebezpieczeństwo wybuchu gazów lub pyłu



Rys. 27. Oprawa ozdobna do kilku świetlówek, przeznaczona do oświetlenia wnętrz o charakterze reprezentacyjnym

suchego i ogrzewanego biura (rys. 24) będzie się znacznie różnić budową od oprawy przeznaczonej do oświetlenia podziemia kopalni (rys. 26). Od oprawy biurowej bowiem wymaga się, żeby spełniała swoje zadanie oświetleniowe oraz żeby była estetycznie wykonana. Oprawa kopalniana natomiast musi nie tylko spełniać zwykłe wymagania oświetleniowe, lecz musi być również dostosowana do trudnych warunków panujących w kopalniach, gdzie towarzyszy ona człowiekowi w jego ciężkiej i niebezpiecznej

walce z naturą. A zatem oprawa ta powinna być odporna na uszkodzenia mechaniczne, na wilgoć, na działanie gazów i pyłów wybuchowych oraz innych szkodliwych czynników występujących w kopalniach.

Ze względu na konieczność zabezpieczenia opraw oświetleniowych od szkodliwych wpływów zewnętrznych powstała potrzeba wytwarzania opraw o różnych rodzajach budowy. Powstały więc następujące rodzaje opraw:

A. Oprawy bez specjalnych zabezpieczeń, przeznaczone do oświetlenia suchych i ogrzewanych pomieszczeń, jak biura, sklepy, niektóre pomieszczenia przemysłowe, mieszkania prywatne, świetlice, lokale gastronomiczne itp., gdzie oprawa nie jest narażona na działanie żadnych szkodliwych czynników.

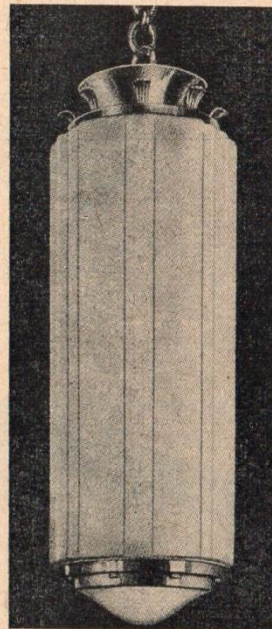
Na rysunkach 24, 25, 27 i 28 przedstawione są takie właśnie oprawy. Jedne z nich mają skromne, lecz estetyczne wykończenie, dostosowane do charakteru wnętrza przemysłowych lub biurowych, inne natomiast są wykonane w sposób ozdobny z materiałów dekoracyjnych, harmonizujących z urządzeniem lokali reprezentacyjnych, rozrywkowych lub mieszkań prywatnych, do których są przeznaczone.

B. Oprawy wodoszczelne, przeznaczone do oświetlania pomieszczeń takich, jak pralnie, fabryki papieru, garbarnie, kuchnie w zakładach gastronomicznych, stacje pomp itp., w których oprawa narażona jest na szkodliwe działanie wilgoci.

Na rys. 29 przedstawiona jest wodoszczelna oprawa do oświetlenia rozproszonego. W oprawie tej umieszczone są dwie świetlówki, zabezpieczone od działania wilgoci za pomocą cylindrycznego klosza z przezroczystego szkła. Sprzęt pomocniczy jest zamknięty szczelnie w żeliwnej obudowie, do której wilgoć nie ma dostępu.

C. Oprawy pyłoszczelne, przeznaczone do oświetlenia pomieszczeń zawierających dużo pyłu lub kurzu, który działa szkodliwie na świetlówki i sprzęt pomocniczy. Do pomieszczeń takich należą młyny, tartaki, sortownie węgla, cementownie, niektóre fabryki chemiczne itp.

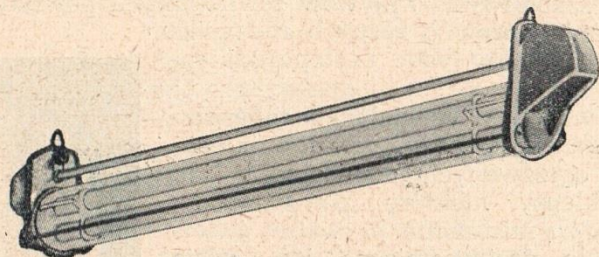
Na rys. 30 przedstawiono oprawę do oświetlenia bezpośredniego, pyłoszczelną, w której szklana płyta zamykająca oprawę



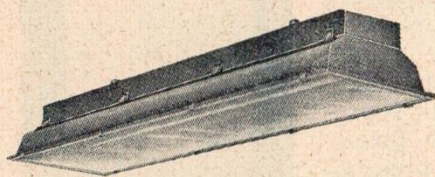
Rys. 28. Oprawa ozdobna w postaci latarni

od dołu zapobiega przedostawaniu się pyłu i kurzu do wnętrza oprawy.

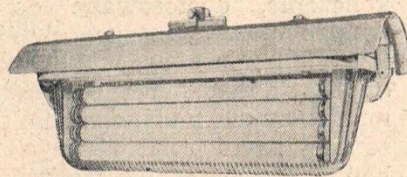
D. Oprawy przeciwwybuchowe, przeznaczone do oświetlenia miejsc, w których istnieje duże niebezpieczeństwo wybuchu, spowodowane obecnością gazów lub pyłów wybuchowych. Do miejsc



Rys. 29. Oprawa wodoszczelna przeznaczona do pomieszczeń wilgotnych. Świetlówki zamknięte są w kloszu ze szkła przezroczystego. Zapłonniki i stateczniki zabezpieczone są przed wilgocią żeliwną obudową



Rys. 30. Oprawa pyłoszczelna. Odbyśnik zamknięty jest od dołu płytą szklaną uniemożliwiającą przedostawanie się pyłu i kurzu do wnętrza oprawy



Rys. 31. Oprawa do oświetlenia ulic. Świetlówki i zapłonniki o specjalnej budowie oraz stateczniki osłonięte są kloszem chrońącym je przed czynnikami atmosferycznymi, jak wiatr, deszcz, zmiany temperatury itp. Oprawa przeznaczona jest do umocowania na słupie.

takich należą: podziemia niektórych kopalń, fabryki materiałów wybuchowych, niektóre fabryki chemiczne, fabryki przemysłu naftowego, stacje benzynowe itp.

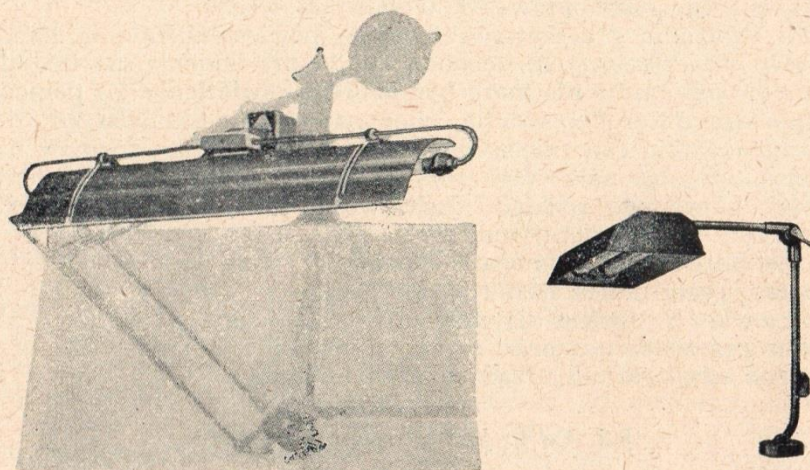
Na rys. 26 przedstawiona jest oprawa do oświetlenia bezpośredniego, przeciwwybuchowa; wykonanie takiej oprawy wymaga wielkiej staranności, od tego bowiem często zależy życie ludzkie.

E. Oprawy napowietrzne, czyli oprawy do oświetlenia zewnętrznego, a więc do oświetlenia ulic, placów, parków, mostów itd. Oprawy te muszą być odporne na działanie wpływów atmosferycznych, a więc deszczu, śniegu, wiatru itp., oraz muszą chronić świetlówki i sprzęt pomocniczy przed działaniem tych wpływów

oraz przed zbyt gwałtownymi zmianami temperatury, której wahania źle wpływają na pracę świetlówek.

W polskich warunkach klimatycznych, ze względu na mrozy panujące w zimie, do oświetlenia zewnętrznego konieczne są nie tylko specjalne oprawy, lecz również świetlówki i zapłonniki o odpowiedniej budowie, dostosowanej do pracy w niskich temperaturach. Świetlówki, zapłonniki i oprawy do oświetlenia zewnętrznego nie są jeszcze w Polsce produkowane. Oprawa do świetlówek przeznaczona do oświetlenia zewnętrznego przedstawiona na rys. 31 jest pochodzenia zagranicznego.

Oprawy mogą być przeznaczone albo do oświetlenia ogólnego, albo do oświetlenia miejscowego, takie bowiem istnieją dwa główne rodzaje oświetlenia.



Rys. 32. Oprawy do oświetlenia miejscowego; po lewej stronie oprawa do oświetlenia stołu kreślarskiego, po prawej stronie oprawa typu warsztatowego

Oświetlenie ogólne polega — jak wskazuje jego nazwa — na rozmieszczeniu w oświetlanym pomieszczeniu pewnej liczby odpowiednich opraw w taki sposób, żeby zapewnić równomierne oświetlenie całego wnętrza.

Do celów oświetlenia ogólnego są odpowiednie właśnie powyżej opisane oprawy, gdyż zawieszając je w dostatecznej liczbie na właściwej wysokości można uzyskać równomierne i dostateczne oświetlenie całego wnętrza.

Bardzo często jednak w fabrykach, biurach, kreślarniach, mieszkaniach prywatnych itp. są miejsca, które wymagają lepszego oświetlenia niż reszta pomieszczenia lub innego kierunku padania

światła. W miejscach tych umieszcza się przeto oprawy dodatkowe, tak zwane oprawy do oświetlenia miejscowego, które uzupełniają oświetlenie ogólne.

Ze względu na charakter miejsc wymagających tego dodatkowego oświetlenia oraz rodzaj wykonywanej w tych miejscach pracy, oprawy do oświetlenia miejscowego muszą mieć nie tylko odpowiednie zalety oświetleniowe, lecz również muszą być tak zbudowane, żeby można je było łatwo przymocować w miejscu pracy i nadawać odpowiedni kierunek wysyłanemu przez nie światłu.

Spośród ogromnej liczby opraw do oświetlenia miejscowego, które musiano opracować dla zaspokojenia różnorodnych potrzeb, podajemy na rys. 32 oprawę przeznaczoną do oświetlenia stołu kreślarskiego oraz oprawę typu warsztatowego.

Po uważnym przeczytaniu tego, co powiedzieliśmy na temat opraw oświetleniowych, dochodzimy do przekonania, że istotnie **bez dobrych opraw nie może być dobrego oświetlenia**. Za pomocą tylko samych źródeł światła, choć nawet najdoskonalszych, nie można uzyskać zabezpieczenia przed olśnieniem jak również nie można osiągnąć należytego rozsyłu światła, odpowiedniej cieniistości, należytego rozkładu jaskrawości i odpowiedniej równomierności oświetlenia. Same źródła światła nie wystarczają więc do zrealizowania wymagań stawianych dobremu oświetleniu. Dopiero przez umieszczenie źródeł światła w odpowiednich oprawach można uzyskać oświetlenie odpowiadające każdemu przeznaczeniu oraz zapewnić wygodne i całkowicie bezpieczne użytkowanie urządzeń oświetleniowych.

8.3. Co to jest sprawność oprawy

Oprócz spełnienia wyżej opisanych zadań od oprawy oświetleniowej wymaga się jeszcze jednej bardzo ważnej zalety, mianowicie oprawa oświetleniowa musi mieć dużą sprawność.

Sprawnością oprawy nazywamy stosunek ilości światła wychodzącego z oprawy do całkowitej ilości światła wytwarzanego przez źródła światła umieszczone w oprawie. Jest bowiem rzeczą zrozumiałą, że przy odbijaniu światła przez odbłyśnik i inne części oprawy lub przy przechodzeniu światła przez szkła zmniejszające jaskrawość źródła światła, część światła pochodzącego od tego źródła zostanie stracona: będzie pochłonięta przez lakier, szkło, metal i inne materiały, z których wykonane są oprawy.

Wartość tych strat powinna być oczywiście jak najmniejsza, co osiąga się przez odpowiednią budowę i wykończenie odbłyśników, odpowiedni gatunek emalii, lakieru i szkła, odpowiednią konstrukcję oprawy itd. W rezultacie sprawność dobrych opraw do świetlówek wynosi 70 do 85%. Znaczy to, że 70 do 85% stru-

mienia świetlnego wytwarzanego przez świetlówki umieszczone w oprawie wychodzi z oprawy. Reszta, czyli 15 do 30%, jest tracona, na co, niestety, niema żadnej rady.

W tym miejscu trzeba podkreślić, iż jest rzeczą zupełnie niedopuszczalną pozbawiać oprawy ich naturalnych osłon (na przykład zdejmować odbłyśniki lub szkła), co często ma niestety miejsce w mniemaniu, że w ten sposób poprawia się oświetlenie. W rzeczywistości jest jednak inaczej, przez zdjęcie bowiem osłon zmniejszających jaskrawość źródła światła pogarsza się warunki oświetlenia, gdyż niewielki zysk w postaci zwiększenia natężenia oświetlenia na miejscu pracy nie wyrównuje szkody, jaką może powodować oślnienie pochodzące od nie osłoniętego źródła światła.

Jeśli zatem oświetlenie, które mamy do dyspozycji, źle spełnia swoje zadanie, nie należy szukać wad w budowie opraw, lecz głównie w rodzaju zastosowanych opraw, wielkości źródeł światła, liczbie i sposobie rozmieszczenia opraw oraz w innych czynnikach mających wpływ na warunki dobrego widzenia, o których mówiliśmy poprzednio.

Należy przy tym pamiętać, że każda oprawa oświetleniowa ulega w czasie użytkowania zakurzeniu i zabrudzeniu, które zmniejsza w bardzo dużym stopniu jej sprawność. Dlatego też, **żeby zapobiec marnotrawstwu energii elektrycznej służącej do wytwarzania światła, jest rzeczą konieczną poddać przynajmniej raz na kwartał uważnemu i starannemu myciu wodą z mydłem odbłyśniki, szkła i świetlówki wszystkich użytkowanych opraw.**

Wycieranie opraw na sucho tylko częściowo usuwa nagromadzone zanieczyszczenia, a więc nieznacznie tylko poprawia sprawność opraw. Oczywiście oprawy zainstalowane w pomieszczeniach, w których wydziela się dużo pyłu, kurzu, dymu lub innych zanieczyszczeń powinny być myte częściej niż raz na kwartał.

9. ZASTOSOWANIE PRAKTYCZNE ŚWIETŁÓWEK

9.1. Projektowanie oświetlenia

Przed dokonaniem przeglądu praktycznych zastosowań świetlówek w tych dziedzinach, z którymi każdy z nas styka się w życiu codziennym, przypomnijmy sobie, jakie są ogólne wymagania stawiane dobremu oświetleniu.

Żeby sztuczne oświetlenie było uznane za dobre, musi ono spełniać następujące podstawowe warunki:

a) natężenie oświetlenia w miejscach pracy musi być dostateczne dla zapewnienia takiej dokładności widzenia i prędkości spostrzegania, jakie są potrzebne do należytego wykonania danej pracy (patrz np. rys. 44);

b) oświetlenie nie powinno powodować niewygody widzenia w postaci jakiegokolwiek olśnienia, które może pochodzić bezpośrednio od źródeł światła lub opraw, pośrednio od światła odbitego przez oglądane przedmioty względnie od zbyt wielkich kontrastów jaskrawości między poszczególnymi przedmiotami i tłem, na jakim te przedmioty są widziane (patrz np. rys. 50);

c) oświetlenie musi być odpowiednio rozproszone, żeby nie występowały zbyt ostre cienie; musi być ono także równomierne, żeby nie powstawały miejsca źle oświetlone oraz musi zapobiegać powstawaniu cieni na miejscu pracy, pochodzących na przykład od głowy lub ręki pracownika (patrz np. rys. 46);

d) barwa światła musi być odpowiednia do rodzaju wykonywanych czynności (patrz np. rys. 43);

e) oświetlenie powinno wywoływać odpowiednie samopoczucie oraz powinno być dostosowane do charakteru, przeznaczenia, urządzenia i umeblowania pomieszczenia (patrz np. rys. 53).

W praktyce realizacja tych warunków nie jest rzeczą łatwą. Wymaga ona od specjalisty oświetleniowca nie tylko dużego zasobu wiedzy i doświadczenia, lecz również wykonania trudnej i żmudnej pracy polegającej na sporządzeniu projektu oświetlenia, według którego wykonuje się następnie instalację oświetleniową.

Przed przystąpieniem do projektowania oświetleniowiec musi zebrać dużo szczegółowych informacji, dotyczących nie tylko samego lokalu, który ma być oświetlany, lecz również musi się dokładnie zapoznać z rodzajem czynności, które mają być w tym lokalu wykonywane. Do ustalenia bowiem rodzaju i liczby opraw, sposobu i wysokości ich rozmieszczenia oraz innych danych, które będzie zawierał projekt, oświetleniowiec musi wiedzieć, jakie ma być przeznaczenie lokalu, jakie są jego wymiary, barwa ścian i sufitu, jakie umeblowanie lub urządzenie, w jakich miejscach odbywa się praca, czy lokal jest suchy, czy wilgotny, czy nie zawiera gazów lub pyłów wybuchowych, jakiego rodzaju będzie praca wykonywana w tym pomieszczeniu, na czym ona polega, jakie materiały wchodzi w rachubę, jakie ruchy musi wykonywać pracownik itd., itd. Stawiając się w położenie robotnika przy maszynie, urzędnika przy biurku itp. oświetleniowiec stara się uzmysłowić sobie, co będą oni widzieć i na tej podstawie ustala rozwiązanie oświetlenia właściwe dla danej czynności i danych warunków.

Do niedawna racjonalne projektowanie oświetlenia należało do rzadkości. Najczęściej zadowalano się mniej więcej równomiernym rozmieszczeniem w całym oświetlanym pomieszczeniu takich opraw, jakie były „pod ręką” i uznawano takie oświetlenie za dobre. Dziś wiele zmieniło się na lepsze, niektóre bowiem fabry-

ki, domy towarowe, lokale gastronomiczne, kina, teatry, większe sklepy itp. mają oświetlenie wykonane według projektów sporządzonych przez fachowców z dziedziny oświetlenia.

Nie zawsze jeszcze rozwiązania obecne są dobre jak i nie zawsze jeszcze oświetlenie jest projektowane przez fachowców, ale coraz bardziej rozpowszechnia się przekonanie, że bez starannie opracowanego projektu nie można uzyskać oświetlenia, które odpowiadałoby w pełni stawianym mu wymaganiom.

9.2. Świetlówka w zakładzie przemysłowym

Oświetlenie sztuczne odgrywa w zakładach przemysłowych szczególnie ważną rolę. Od oświetlenia bowiem zależy nie tylko jakość produkcji i wydajność pracy, lecz również jej higiena i bezpieczeństwo. Dobre oświetlenie chroni wzrok pracowników przed przedwczesnym starzeniem, przyczynia się do utrzymania dobrego samopoczucia pracowników, ułatwia utrzymanie dyscypliny pracy i czystość, przyczynia się do należytego wykorzystania maszyn, urządzeń i pomieszczeń. Dlatego więc oświetleniu zakładów przemysłowych poświęca się szczególnie dużo uwagi.

Ze względu na różnorodność wykonywanych czynności, różnorodność produkcji, maszyn i urządzeń produkcyjnych, różnorodność materiałów i związaną z nimi często konieczność właściwego rozróżniania barw, uzyskanie dobrego oświetlenia zakładu przemysłowego nie jest rzeczą łatwą. Oświetleniowiec musi zatem ze szczególną wnikliwością zbadać wszystkie czynniki mogące mieć wpływ na oświetlenie i uwzględnić je przy ustalaniu projektu urządzeń oświetleniowych.

Oświetlenie zakładu pracy składa się zwykle z oświetlenia ogólnego zapewniającego oświetlenie całego pomieszczenia lub oświetlenia ogólnego i oświetlenia miejscowego, czyli dodatkowego oświetlenia tych miejsc pracy, które dla zapewnienia większej wygody widzenia wymagają większych natężeń oświetlenia lub innego kierunku padania światła albo też wymagają światła bardziej skupionego lub rozproszonego niż światło pochodzące od oświetlenia ogólnego.

Do oświetlenia ogólnego służą oprawy opisane w rozdz. 8.2. Oprawy te zawieszają się na odpowiedniej wysokości i rozmieszcza w oświetlanym pomieszczeniu w dwojaki sposób:

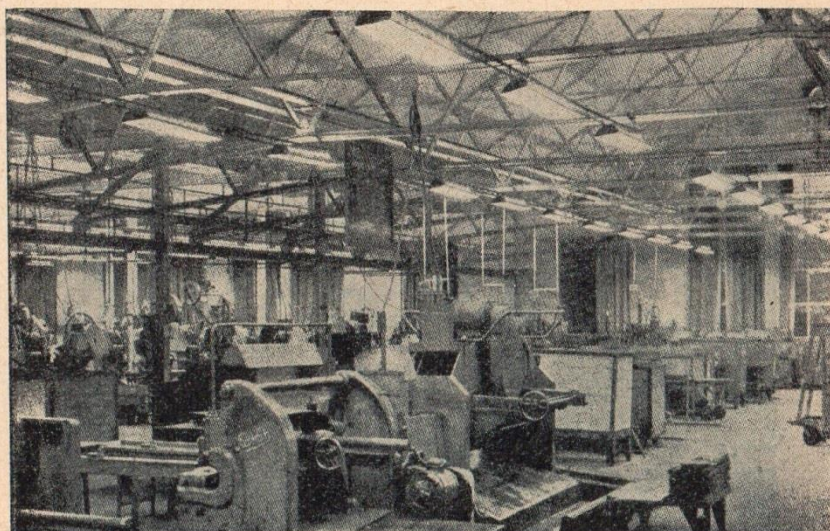
- 1) równomiernie w całym pomieszczeniu (niezależnie od położenia urządzeń produkcyjnych i stanowisk roboczych), a więc tak, żeby otrzymać jednakowe natężenie oświetlenia na całej powierzchni pracy (rys. 33 do 36);
- 2) wzdłuż rzędów maszyn lub obrabiarek (rys. 37 i 38) lub bezpośrednio nad stanowiskami roboczymi (rys. 39 i 40), żeby



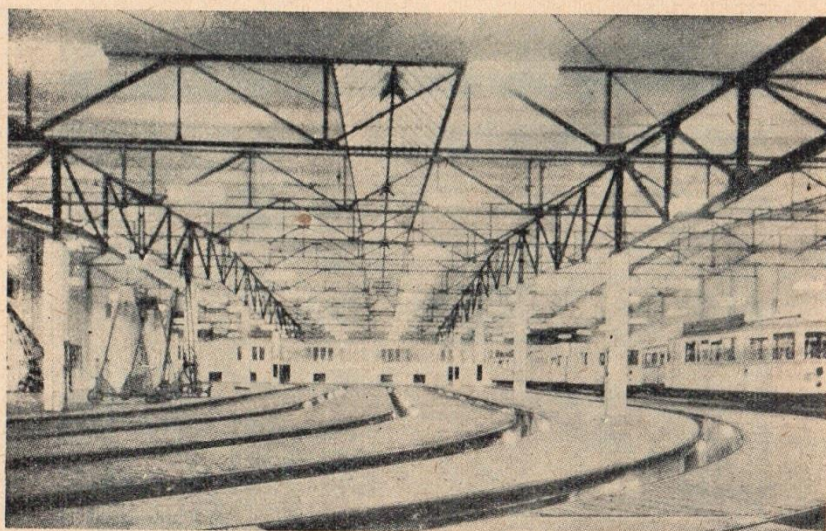
Rys. 33. Oświetlenie ogólne zecerni. Oprawy do oświetlenia prze-
ważnie bezpośredniego, połączone w pasy biegnące przez całe po-
mieszczenie, zapewniają dobre oświetlenie miejsc pracy i stwarzają
pogodny nastrój



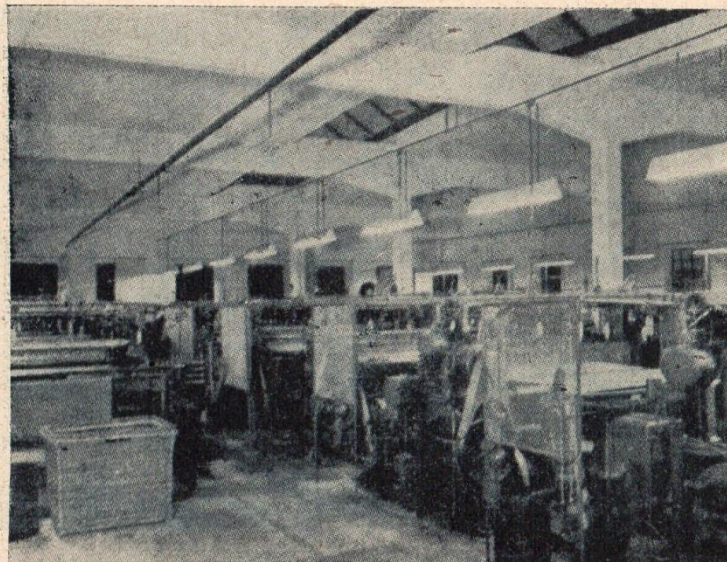
Rys. 34. Duża hala przędzalni oświetlona przy użyciu opraw do
oświetlenia bezpośredniego, rozmieszczonych równomiernie nad całym
polem pracy. Jasne ściany, sufit, słupy oraz urządzenia produkcyjne
zmniejszają kontrasty jaskrawości



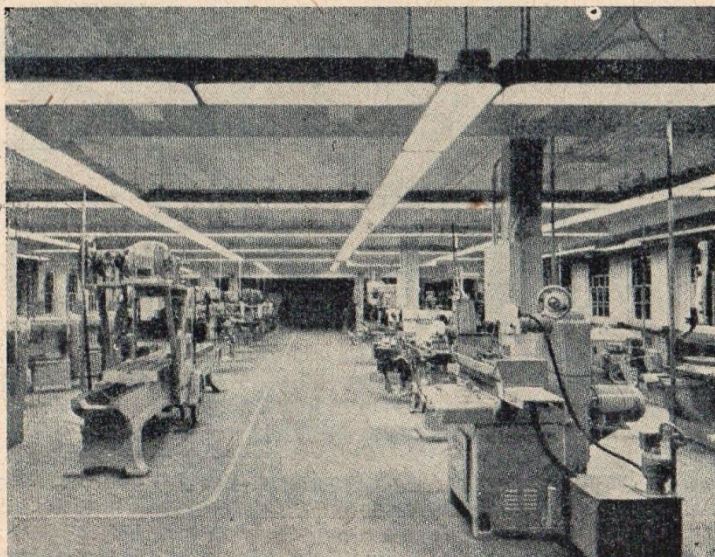
Rys. 35. Warsztat mechaniczny, w którym oprawy do oświetlenia przeważnie bezpośredniego rozmieszczone równomiernie w całym pomieszczeniu (I) niezależnie od położenia obrabiarek zapewniają racjonalne oświetlenie ogólne



Rys. 36. Oświetlenie ogólne zajezdni tramwajowej. W kanałach rewizyjnych widać światła pochodzące od opraw do oświetlenia miejscowego (patrz rys. 42)



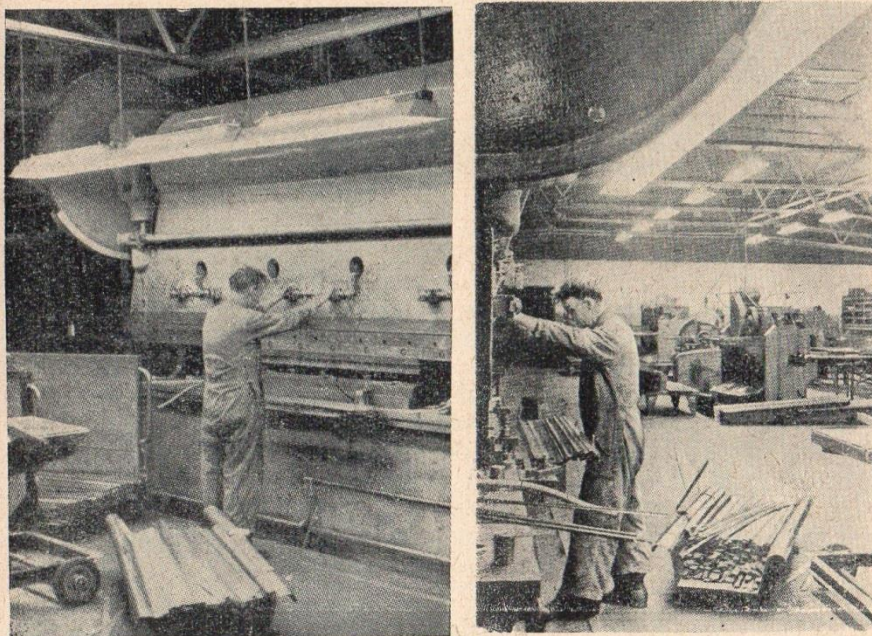
Rys. 37. Hala maszyn drukarskich oświetlona przy użyciu opraw do oświetlenia bezpośredniego, zawieszonych pojedynczo nad rzędami maszyn stanowi przykład oświetlenia ogólnego zlokalizowanego



Rys. 38 .Przykład oświetlenia ogólnego, w którym oprawy połączone w pasy ciągłe bieżą wzdłuż rzędów obrabiarek



Rys. 39. Oprawy zawieszone na odpowiedniej wysokości, połączone w pasy ciągle biegnące nad stanowiskami roboczymi, stanowią oświetlenie ogólne, zwane zlokalizowanym



Rys. 40. Oprawy zawieszone nad obrabiarkami stanowią również przykład oświetlenia ogólnego zlokalizowanego

uzyskać dobre oświetlenie miejsc pracy i zarazem oświetlić słabiej inne miejsca wymagające mniej dobrego oświetlenia ¹⁾).

W zależności od wymaganego natężenia oświetlenia stosuje się oprawy do jednej, dwóch i większej liczby świetlówek; świetlówki te mogą mieć moc 25 lub 40 watów. Oprawy rozmieszcza się pojedynczo (rys. 34, 36 i 40) lub łączy się je w pasy biegnące przez całe pomieszczenie. Pasy te mogą być ciągłe (rys. 33, 38 i 39) lub mieć przerwy między poszczególnymi oprawami (rys. 35, 37 i 40) i mogą przy tym być ułożone równolegle (rys. 35, 38 i 39) lub poprzecznie (rys. 33) do rzędów urządzeń produkcyjnych.

Odpowiednie rozmieszczenie opraw jest wynikiem szczegółowej analizy wszystkich czynników mających wpływ na oświetlenie, przeprowadzonej przez oświetleniowca podczas projektowania.

Również dużą uwagę należy poświęcić zastosowaniu światła o właściwej barwie, od której zależy dobre rozróżnianie przedmiotów barwnych. Z wyjątkiem pewnych zakładów przemysłowych (fabryki włókiennicze, fabryki farb, zakłady poligraficzne itp.), w których rozróżnianie barw ma zasadnicze znaczenie i w których stosuje się świetlówki o dziennej barwie światła, do oświetlania zakładów przemysłowych stosowane są na ogół świetlówki o białej barwie światła. Świetlówki te mają nie tylko stosunkowo największą wydajność świetlną (porównaj rozdz. 7.7), lecz również zupełnie dobrze „oddają” barwy. Ponadto światło ich dobrze łączy się z naturalnym światłem dziennym oraz ze światłem żarówek, co ma również duże znaczenie przy oświetlaniu pomieszczeń przemysłowych.

Ponieważ warunki dobrego oświetlenia wymagają nie tylko zapewnienia na miejscu pracy dostatecznego natężenia oświetlenia, lecz również właściwego stosunku jaskrawości (kontrastów) poszczególnych powierzchni w pomieszczeniu oraz dostatecznego rozproszenia światła, odpowiedniej cienistości i równomierności oświetlenia, **nie można w żadnym przypadku ograniczać się tylko do oświetlenia płaszczyzny roboczej i pomijać zupełnie oświetlenie ścian i sufitów.** Oświetlenie takie choć pozornie wystarczające do celów produkcyjnych, bo zapewniające dostateczne natężenie oświetlenia na miejscu pracy (rys. 41), nie stwarza warunków koniecznych dla dobrego i nie męczącego wykonywania pracy wzrokowej, czyli nie zapewnia wygody widzenia. Występujące bowiem na ciemnym tle nie oświetlonego sufitu jaskrawe plamy

¹⁾ Oświetlenie ogólne, w którym oprawy są rozmieszczone nierównomiernie, lecz w zależności od położenia stanowisk roboczych (rys. 37 i 40), nosi nazwę oświetlenia zlokalizowanego. Jest ono oszczędniejsze od oświetlenia ogólnego niezlokalizowanego (np. rys. 33 lub 34).

opraw oświetleniowych powodują szkodliwe olśnienie, a niedostateczne rozproszenie światła, nieodpowiednia cienistość i nierównomierność oświetlenia utrudniają należyte wykonywanie pracy oraz źle wpływają na samopoczucie pracowników.

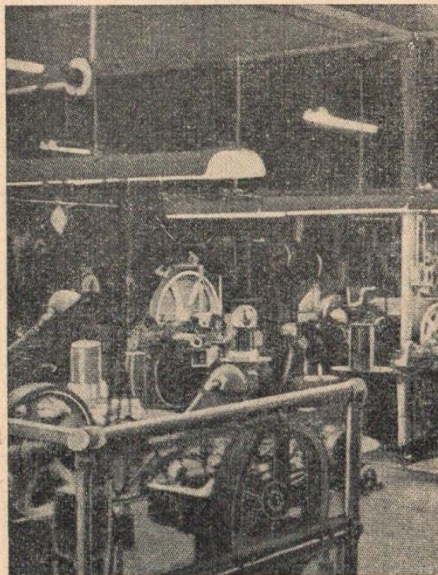
A zatem wbrew rozpowszechnionemu jeszcze mniemaniu, że skrytykowane powyżej oświetlenie jest „dobre i oszczędne“, należy je zwalczać jak najbardziej, nie odpowiada ono bowiem zasadom dobrego oświetlenia.

Na ogół najodpowiedniejsze do oświetlenia zakładów przemysłowych są oprawy do oświetlenia przeważnie bezpośredniego (rys. 23), o których mówiliśmy w rozdz. 8.1. Oprawy te kierując część światła (około 1/3) na sufit i ściany (co mylnie uważane jest za marnotrawstwo światła) zmniejszają w ten sposób kontrasty jaskrawości oraz przyczyniają się do spełnienia innych warunków wygodnego widzenia.

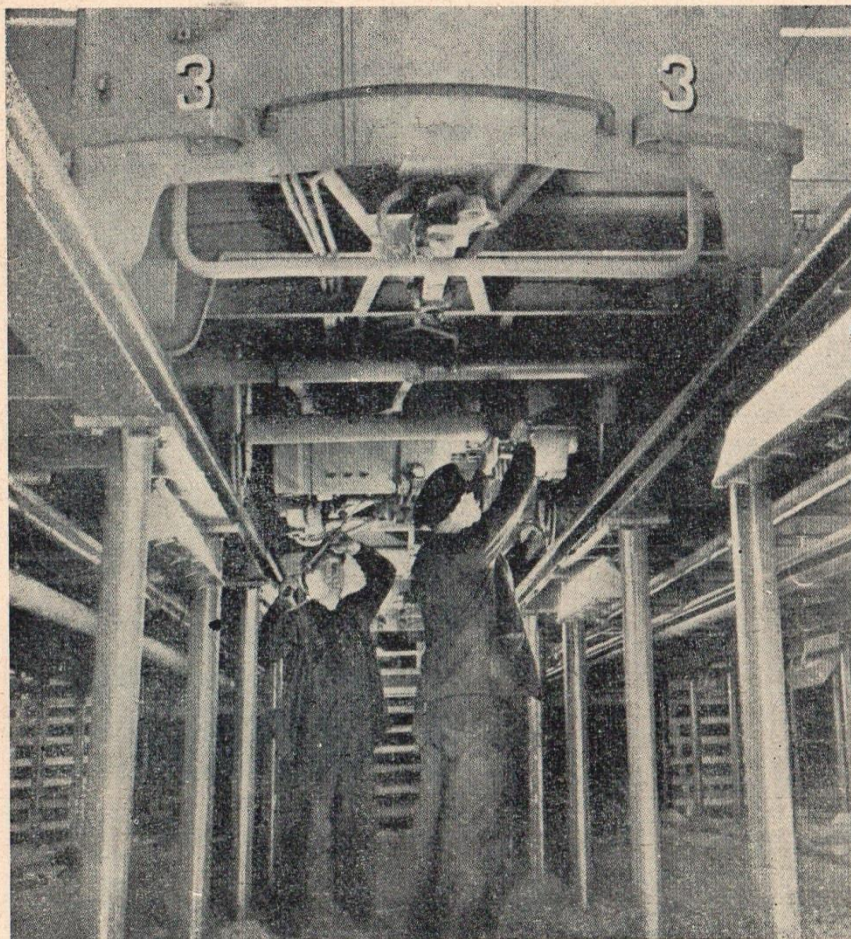
W niektórych jednak przypadkach, gdy sufit i ściany są bardzo jasne, a pomieszczenie niezbyt wysokie (rys. 34), można uzyskać dobre oświetlenie również za pomocą opraw do oświetlenia bezpośredniego (rys. 22). Należy tu zaznaczyć, że świetlówki umieszczone w oprawach do oświetlenia bezpo-

średniego stanowią dość duże powierzchnie o stosunkowo niewielkiej jaskrawości, toteż jeśli są dość gęsto zawieszone w pomieszczeniu, to tworzą rodzaj „świetlnego sufitu“, zapewniającego dobre warunki oświetlenia. Jest to właśnie jedna z zalet świetlówek, wykorzystywana często w urządzeniach oświetleniowych.

Bez względu jednak na rodzaj zastosowanych opraw oraz sposób ich rozmieszczenia oświetlenie nie może w żadnym przypadku powodować niewygody widzenia wskutek olśnienia, które — jak to powiedzieliśmy wielokrotnie — jest wrogiem dobrego oświetlenia.

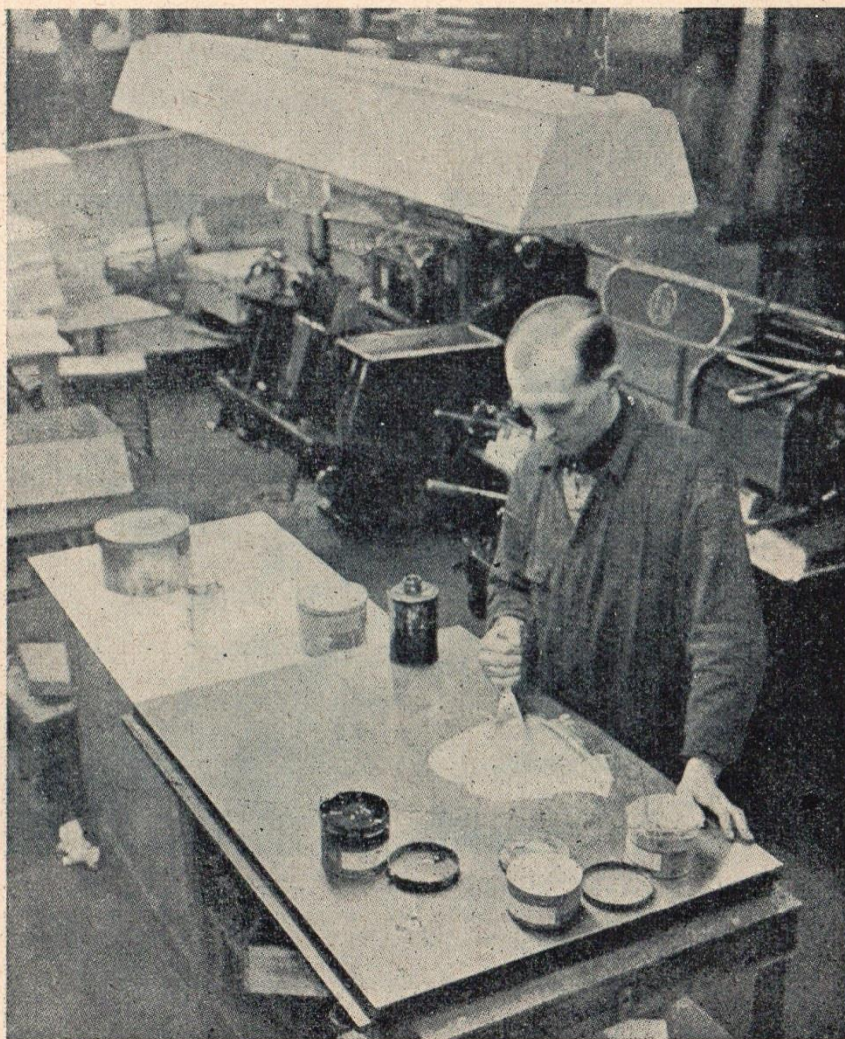


Rys. 41. Przykład złego rozwiązania oświetlenia zlokalizowanego, które zapewnia wprawdzie dostateczne natężenie oświetlenia w miejscach pracy lecz wywołuje olśnienie przez kontrast jaskrawości między oprawami a tonącymi w zupełnym mroku sufitem i ścianami



Rys. 42. Oświetlenie miejscowe w kanale rewizyjnym jako uzupełnienie oświetlenia ogólnego (rys. 36) pozwala na swobodne wykonywanie napraw i konserwacji wozów tramwajowych

Uzupełnieniem oświetlenia ogólnego jest oświetlenie miejscowe. W przeciwieństwie do oświetlenia ogólnego **nie można stosować tylko samego oświetlenia miejscowego**, to jest tylko oświetlenia poszczególnych miejsc pracy. Oświetlenie miejscowe nie może bowiem zapewnić warunków stawianych dobremu oświetleniu, gdyż ogranicza się ono do małej przestrzeni, na której odbywa się praca wymagająca silniejszego lub odpowiedniejszego oświetlenia niż to, jakie zapewnia oświetlenie ogólne. Gdyby zatem nie było

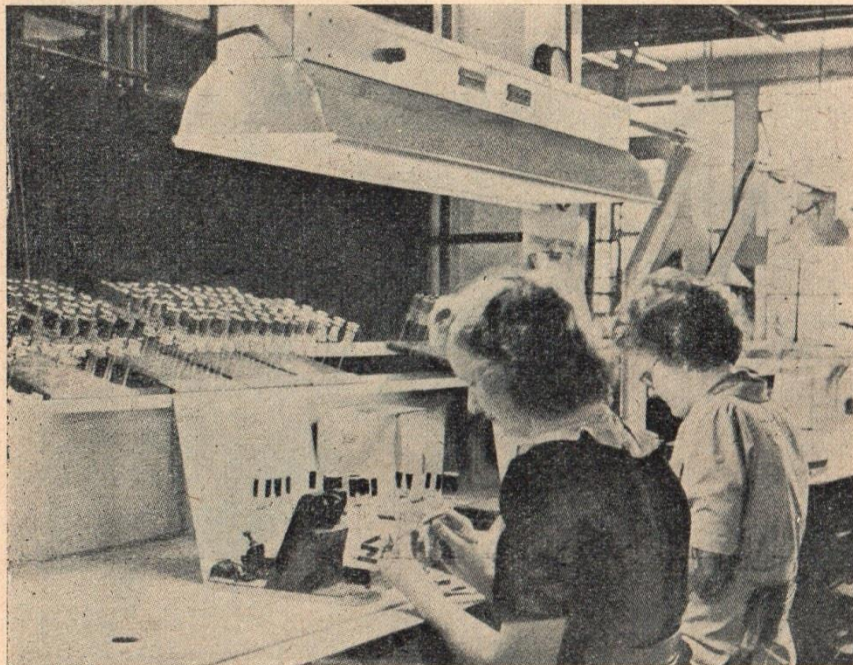


Rys. 43. Przygotowywanie farb w drukarni wymaga dodatkowego oświetlenia miejscowego, które powinno zapewnić nie tylko dostateczne natężenie oświetlenia, lecz również należyte rozróżnianie barw

oświetlenia ogólnego, wówczas bezpośrednie sąsiedztwo miejsca pracy byłoby zupełnie pozbawione oświetlenia, co jest niedopuszczalne.

Na rysunkach 42, 43, 44 i 46 przedstawione są przykłady rozwiązań oświetlenia miejscowego, stanowiącego uzupełnienie oświetlenia ogólnego.

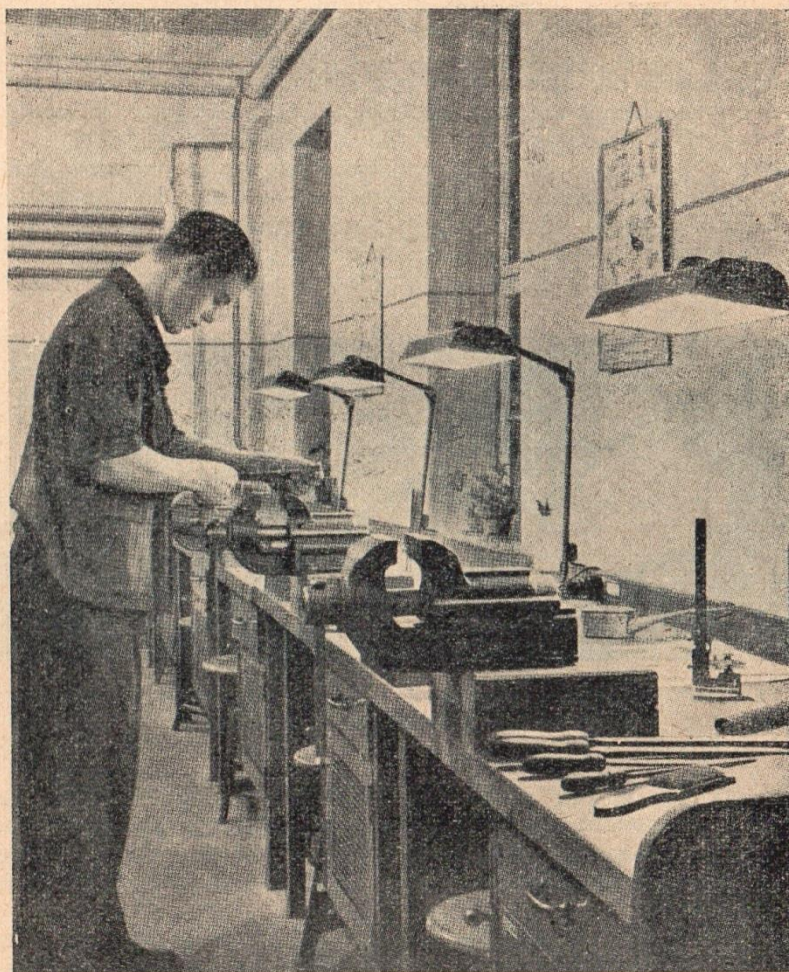
Do oświetlenia miejscowego stosowane są na ogół oprawy typu „do oświetlenia bezpośredniego“ o budowie takiej jak oprawy



Rys. 44. Precyzyjne prace wymagają dużych natężeń oświetlenia, które można zapewnić w sposób ekonomiczny przez uzupełnienie oświetlenia ogólnego oprawą nisko zawieszoną nad miejscem pracy. Słabe wydzielanie ciepła przez świetlówkę pozwala na umieszczenie opraw w bezpośrednim pobliżu pracowników bez żadnej dla nich szkody

stosowane do celów oświetlenia ogólnego (rys. 44) lub, o konstrukcji specjalnej, jak na przykład oprawy przedstawione na rys. 32.

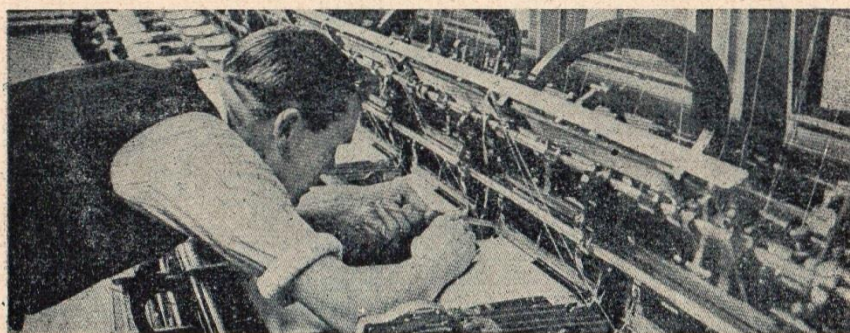
Oprawy te umocowuje się blisko miejsca pracy w taki sposób, żeby były zachowane wszystkie warunki dobrego oświetlenia oraz żeby oprawa nie była narażona na drgania i wstrząsy. Ustalenie położenia oprawy jest rzeczą równie ważną jak ustalenie potrzebnego natężenia oświetlenia, stopnia rozproszenia światła, kierunku



Rys. 45. Oświetlenie miejscowe warsztatu za pomocą odpowiednich opraw umieszczonych w odpowiednim miejscu stanowiące uzupełnienie oświetlenia ogólnego, zapewnia wygodę widzenia i zwiększa bezpieczeństwo pracy

jego padania lub barwy światła. Oprawa musi być bowiem tak umieszczona, żeby pracownik mógł nie tylko swobodnie wykonywać wszelkie czynności wchodzące w zakres danej pracy (rys. 45), lecz również żeby mógł na przykład naprawiać maszynę lub sprawdzać jej pracę, co często jest związane z koniecznością zmiany normalnego położenia ciała. Widać to na rys. 46, na którym pracownik dzięki dobremu rozwiązaniu oświetlenia może dowolnie nachylać się dla dokonania naprawy nie powodując przy tym powstawania cieni, które utrudniałyby widzenie.

Bliskie położenie oprawy w stosunku do pracownika może spowodować nagrzewanie tych części ciała, które są wystawione na działanie ciepła wydzielanego przez źródło światła, co z kolei może wywołać złe samopoczucie (na przykład bóle głowy). W przypadku żarówek stanowi to niewątpliwie wadę oświetlenia miejsco-



Rys. 46. Dobrze rozwiązane oświetlenie powinno zapewnić należyte widzenie przy każdym ustawieniu się pracownika

wego, jednak w przypadku świetlówek, które wydzielają mało ciepła w porównaniu z żarówkami i których temperatura pracy jest stosunkowo niska, nawet zupełnie niskie zawieszenie świetlówek nie wpływa ujemnie na samopoczucie pracowników (patrz rys. 43 i 44).

Na przytoczonych przykładach rozwiązań nie kończą się, oczywiście, odmiany stosowanych rozwiązań oświetlenia w przemyśle, którego każda gałąź, każde pomieszczenie, a niekiedy prawie każde stanowisko robocze wymagają oświetlenia dostosowanego do rodzaju danej pracy.

Celem niniejszego opracowania, którego szczupłe ramy nie pomieściłyby zresztą opisu istniejących rozwiązań oświetlenia w przemyśle, nie jest przedstawienie wszystkich tych rozwiązań, lecz głównie wskazanie roli, jaką odgrywa świetlówka w oświetleniu oraz zachęcenie czytelnika do zastanowienia się nad jakością

oświetlenia, jakie ma on do dyspozycji przy swoim warsztacie pracy i nad sposobami jego ewentualnej poprawy.

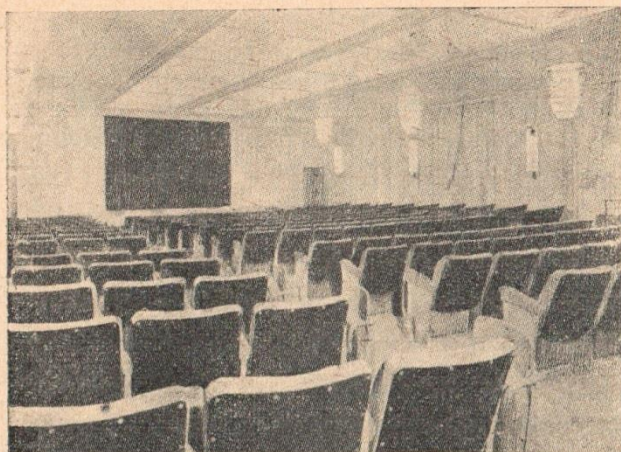
Poprawa oświetlenia w zakładzie przemysłowym, która po głębszym zastanowieniu może być dokonana prawie zawsze i to często małym nakładem pracy i niewielkim kosztem, może stać się wdzięcznym polem pracy dla racjonalizatorów.

9.3. Inne zastosowania świetlówki

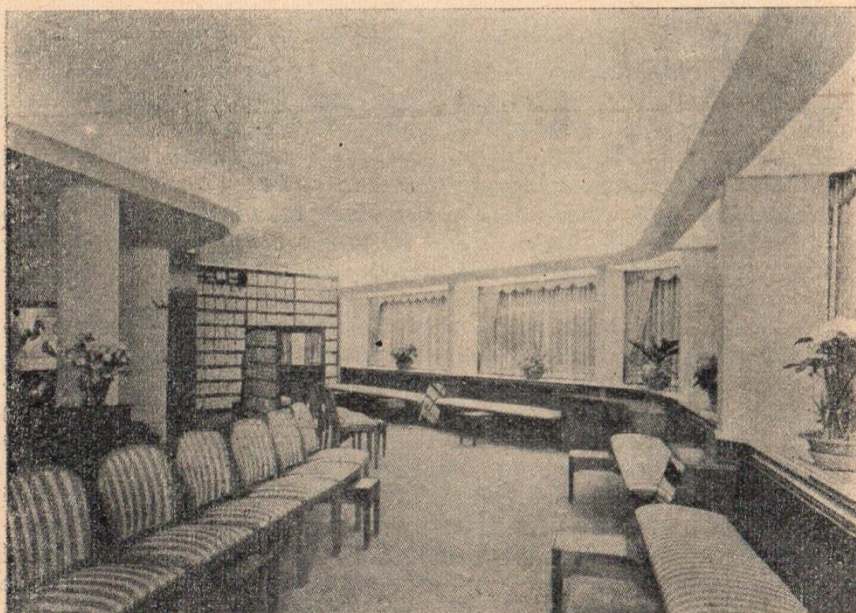
Dzięki poznanyim zaletom świetlówka zastępuje powszechnie żarówkę nie tylko w zakładach przemysłowych, lecz również w innych dziedzinach, w których dotychczas panowała ona niepodzielnie. Coraz więcej lokali gastronomicznych, rozrywkowych i handlowych, coraz więcej biur, laboratoriów, szpitali, świetlic i muzeów, coraz więcej szkół, mieszkań prywatnych, wagonów kolejowych, obiektów sportowych i coraz więcej innych pomieszczeń, których nie sposób wymienić, jest oświetlanych za pomocą świetlówek. Dzieje się to nie tylko dlatego, że świetlówka zapewnia ekonomiczne i dobre pod każdym względem oświetlenie, lecz również niekiedy dlatego, że dzięki nowym kształtom lampy w postaci wydłużonej, świecącej linii świetlówka stwarza duże możliwości dekoracyjne, co w wielu przypadkach ma zasadnicze znaczenie.

Od oświetlenia lokalu gastronomicznego, rozrywkowego, handlowego lub mieszkania prywatnego wymaga się bowiem nie tylko zapewnienia dobrych warunków widzenia, lecz również wymaga się, żeby oświetlenie harmonizowało z urządzeniem i umeblowaniem lokalu, podkreślało jego piękno i stwarzało odpowiedni nastrój. W wyniku współpracy oświetleniowca z architektem lub z dekoratorem powstają coraz liczniejsze rozwiązania oświetlenia wszelkiego rodzaju wnętrz, które nie tylko zapewniają dobre warunki widzenia, lecz również stanowią jeden z głównych elementów dekoracji tych wnętrz.

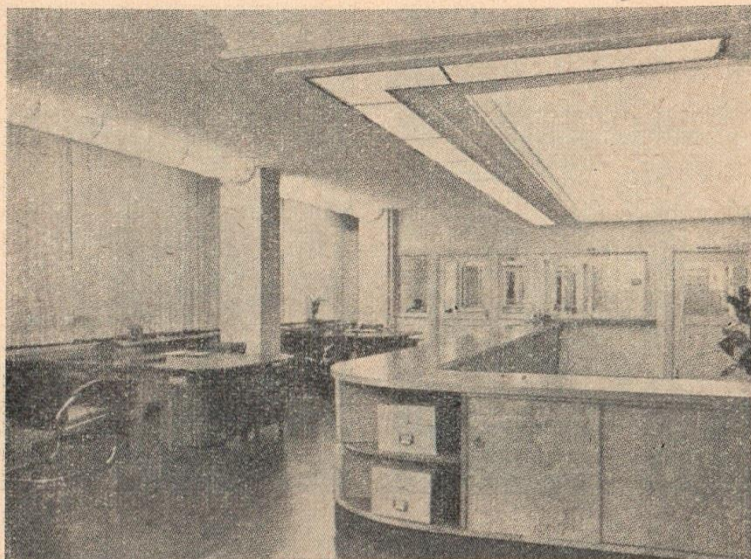
Na rysunkach zamieszczonych w tekście podajemy kilka przykładów rozwiązań oświetlenia różnych lokali, które ilustrują, w jaki sposób można wykorzystać świetlówkę nie tylko do zapewnienia dobrego oświetlenia, lecz również do podkreślenia piękna urządzenia i umeblowania lokalu oraz stworzenia odpowiedniego nastroju, który, oczywiście, powinien być inny w lokalu biurowym (rys. 49), inny w sklepie (rys. 48), inny w sali widowiskowej (rys. 47), inny w lokalu gastronomicznym (rys. 53), a jeszcze inny w poczekalni kina (rys. 54). Odpowiedni nastrój można wywołać nie tylko przez właściwe rozmieszczenie świetlówek i zastosowanie odpowiednich opraw, które — jak widzimy na zamieszczonych fotografiach — mogą mieć różne kształty, lecz również przez zastosowanie odpowiedniej dla danego przeznaczenia barwy światła.



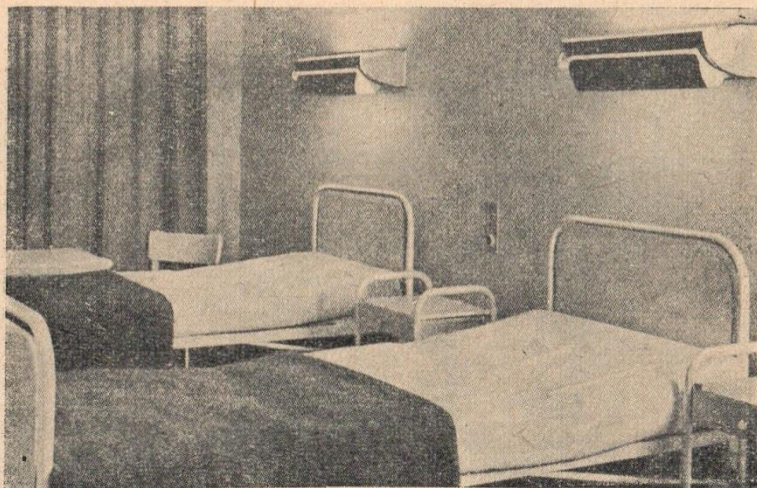
Rys. 47. Sala widowiskowa, której oświetlenie stanowi świecący sufit wykonany z płyt ze szkła matowego, oświetlonych od wewnątrz szeregiem świetlówek. Kilka opraw ozdobnych zawieszonych pod sufitem oraz na ścianach uzupełnia oświetlenie i ozdabia salę



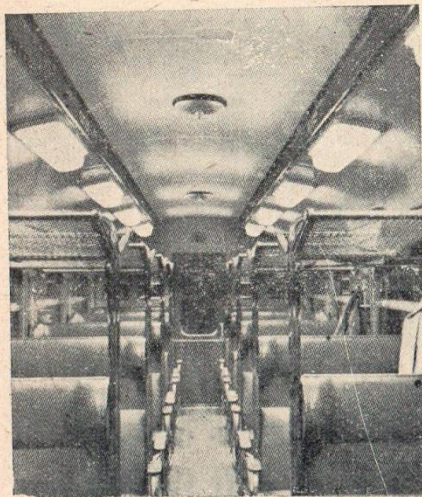
Rys. 48. Reprezentacyjny sklep z obuwem, w którym oświetlenie stanowi jeden z ważnych elementów dekoracyjnych



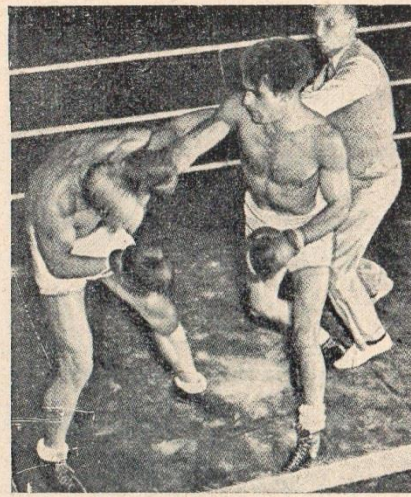
Rys. 49. Nowoczesny lokal biurowy oświetlony oprawami o specjalnej budowie, z których jedne są wbudowane w sufit, inne zaś umieszczone we wnękach okien



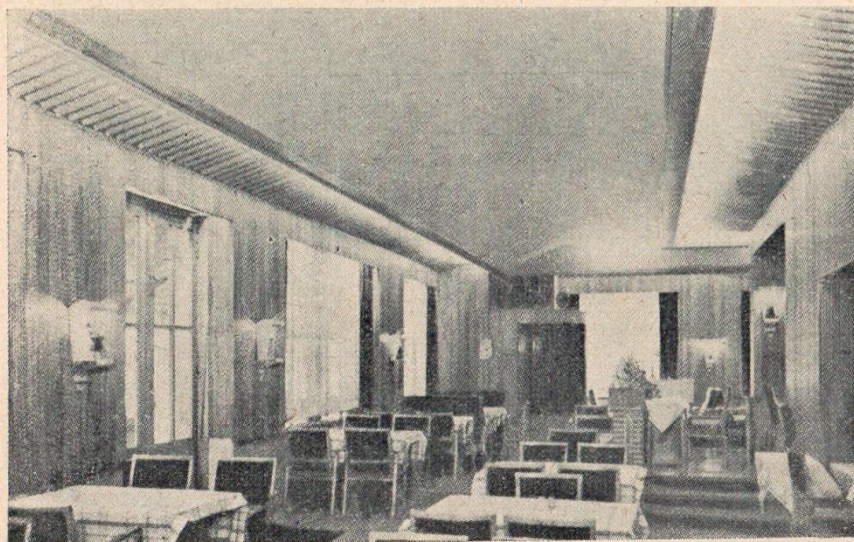
Rys. 50. Racjonalnie rozwiązane oświetlenie pomieszczenia szpitalnego; światło pochodzące od opraw umocowanych na ścianie zapewnia dobre oświetlenie całego wnętrza oraz wezglowia łóżek nie powodując olśnienia wzroku chorych leżących po przeciwnej stronie sali



Rys. 51. Dobre oświetlenie wagonu kolejowego za pomocą świetlówek umieszczonych w odpowiednich oprawach pozwala na skracanie podróży czytaniem ciekawej książki bez zmęczenia wzroku



Rys. 52. Łagodnie rozproszone i odpowiednio skierowane światło świetlówek ukazuje wyraźnie grę mięśni zawodników



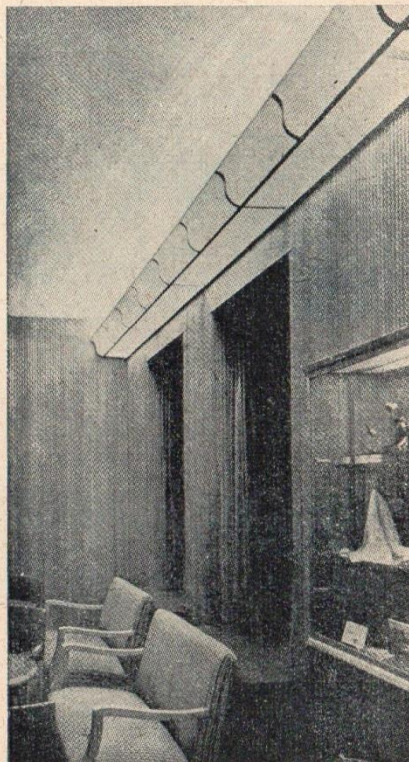
Rys. 53. Odpowiednie połączenie świetlówek i żarówek może zapewnić użyteczne i wpływające na dobre samopoczucie oświetlenie sali restauracyjnej

Do oświetlenia lokalu gastronomicznego, sali widowiskowej lub poczekalni w kinie będą zatem odpowiednie świetlówki o świetle białym lub ciepłobiałym. Ich miłe dla oka, łagodne i ciepłe światło stwarza nastrój pogody, radości i wypoczynku, jaki powinien w tych lokalach panować. Stosowanie świetlówek o świetle białym i ciepłobiałym w lokalach o charakterze rozrywkowym ma również tę zaletę, że światło ich łączy się dobrze ze światłem żarówek. Często bowiem ze względów użytkowych lub dekoracyjnych oświetlenie świetlówkowe uzupełnia się oprawami zaopatrzonymi w żarówki (rys. 53).

W sklepach, domach towarowych, biurach itp. stosuje się świetlówki o białej barwie światła.

Tylko wyjątkowo, gdy jest konieczne oddawanie barw takie jak przy świetle naturalnym (na przykład sklepy z materiałami tekstylnymi), stosuje się świetlówki o dziennej barwie światła, które — jak wiemy — są mniej ekonomiczne w użyciu od pozostałych rodzajów świetlówek. Mają one bowiem nie tylko najmniejszą wydajność świetlną, lecz również wymagają dla zapewnienia dobrego samopoczucia stosunkowo wyższych natężeń oświetlenia.

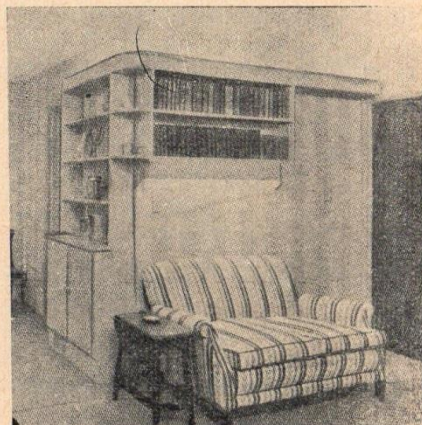
Należy tu podkreślić, że świetlówki o dziennym świetle są zupełnie nieodpowiednie do oświetlania na przykład sklepów z wyrobami mięsnymi; mięso bowiem i wyroby mięsne nabierają sinawego wyglądu, co sprawia wrażenie, że są one nieświeże. Te same natomiast wyroby oświetlone świetlówkami o barwie ciepłobiałej lub białej przyjmują apetyczny wygląd, zachęcający klienta do kupna. Jak zatem widzimy, dobór świetlówek o odpowiedniej barwie światła trzeba zawsze uzależniać od rodzaju przedmiotów, które mają być oświetlane.



Rys. 54. Oświetlenie poczekalni w kinie stanowiące nie tylko element dekoracyjny, lecz umożliwiające również czytanie lub pisanie w oczekiwaniu na rozpoczęcie przedstawienia



Rys. 55. Światłówka odpowiednio osłonięta daje dekoracyjne i użytkowe oświetlenie



Rys. 56. Uzupełnieniem oświetlenia ogólnego może być światłówka umieszczona nad fotelem-lóżkiem



Rys. 57. Światłówka ukryta pod szklaną półką zapewnia silne oświetlenie biurka oraz łagodne oświetlenie całego pokoju



Rys. 58. Jasne ściany i urządzenie kuchni pozwalają na stosowanie światłówki nieosłoniętej, gdyż w tych warunkach jej jasność nie powoduje olśnienia

Stosunkowo przystępna cena świetlówek oraz ich zalety oświetleniowe i dekoracyjne sprawiają, że świetlówka znajduje coraz częstsze zastosowanie do oświetlenia mieszkań, w których spędzamy większą część naszego życia. Każdy z nas dąży do tego, żeby mieszkanie jego było miłe i przytulne, a urządzenie i umeblowanie mieszkania nie tylko odpowiadało przeznaczeniu, lecz żeby przy użyciu jak najskromniejszych środków zapewniało również dobre samopoczucie. Jednym z elementów mających zasadniczy wpływ na podniesienie wyglądu mieszkania i wywołanie odpowiedniego nastroju jest dobrze rozwiązane oświetlenie. Mówiąc o dobrze rozwiązanym oświetleniu nie mamy oczywiście na myśli konieczności nabywania kosztownych lamp i żyrandoli, na co nie każdego z nas stać, lecz chcemy podkreślić, że często bardzo skromnymi środkami można uzyskać dobre i przyjemne oświetlenie. Przykładem tego mogą być przedstawione na rysunkach 55 do 59 rozwiązania łatwe do wykonania nawet we własnym zakresie, które zapewniają nie tylko dużą wygodę, lecz również dodają mieszkaniu uroku.

Kończąc ten bardzo po-
bieżny przegląd praktycz-
nego zastosowania świet-
lówki zachęcamy gorąco
czytelnika do zastanowie-
nia się, czy przez wprowa-
dzenie jakiejś drobnej na ogół zmiany, która może polegać na
zaopatrzeniu istniejących lamp w odpowiednie osłony lub na
przeniesieniu jakiejś lampy w inne, odpowiedniejsze miejsce —
nie uda się poprawić oświetlenia w jego własnym mieszkaniu
lub w mieszkaniu sąsiada. Często bowiem męczymy się wyko-
nując wieczorem jakąś pracę lub źle się czujemy w naszym miesz-
kaniu nie zdając sobie sprawy, że powodem tego jest jakaś wada
oświetlenia, która może być łatwo usunięta. Dopomogą nam
w tym poznane zasady dobrego oświetlenia oraz sposoby racjonal-
nego wykorzystania świetlówki.



Rys. 59. Świetlówka ukryta we wnęce okna sprawia wrażenie, że światło pochodzi z zewnątrz, jak to ma miejsce przy oświetleniu naturalnym

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	3
2. Rozwój źródeł światła	3
3. Czym jest oświetlenie sztuczne	10
4. Źródło światła	11
4.1. Promieniowanie i światło	11
4.2. Strumień świetlny	13
4.3. Światłość	14
4.4. Jaskrawość	15
4.5. Natężenie oświetlenia	16
4.6. Barwa światła	17
5. Oko ludzkie	19
6. Przedmioty oświetlone	21
7. Świetlówka i sprzęt pomocniczy	26
7.1. Budowa świetlówki	26
7.2. Zasada działania świetlówki	27
7.3. Stabilizacja pracy świetlówki	30
7.4. Zapłon i zapłonnik	32
7.5. Warstwa luminoforu	35
7.6. Zalety i wady świetlówek	36
7.7. Jakie świetlówki produkuje się w Polsce	39
7.8. Wady działania świetlówek i sposoby ich usuwania	40
8. Oprawy oświetleniowe do świetlówek	42
8.1. Do czego służy oprawa oświetleniowa	42
8.2. Jakie są rodzaje opraw oświetleniowych	46
8.3. Co to jest sprawność oprawy	50
9. Zastosowanie praktyczne świetlówek	51
9.1. Projektowanie oświetlenia	51
9.2. Świetlówka w zakładzie przemysłowym	53
9.3. Inne zastosowania świetlówek	65

CENA ZL 3.20