

WYDAWNICTWA MINISTERSTWA PRACY I OPIEKI SPOŁECZNEJ

SERIA OCHRONY PRACY

INŻ. IGNACY BARAN

ŚWIATŁO I PRACA

II wydanie – znacznie rozszerzone
z 30 rysunkami w tekście

5

Ś W I A T Ł O I P R A C A

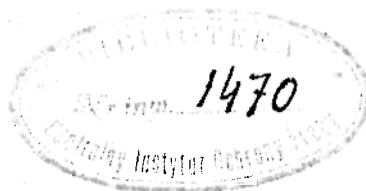
WYDAWNICTWA MINISTERSTWA PRACY I OPIEKI SPOŁECZNEJ

SERIA OCHRONY PRACY

INŻ. IGNACY BARAN

ŚWIATŁO I PRACA

II wydanie – znacznie rozszerzone
z 30 rysunkami w tekście



5

Lipiec 1950
Nakład 5000 egz., obj. 9,25 ark.
Papier druk-sat. V 61×80/70
Drukarnia ZMP Warszawa
Zam. Nr 3678. B-1-108504.

P R Z E D M O W A
D O I W Y D A N I A

W pierwszym etapie badania przyczyn wypadków przy pracy zwracano głównie uwagę na czynniki bezpośrednie tj. wpływające bezpośrednio na powstanie wypadku, a więc niebezpieczeństwa związane z ruchem maszyn, z rodzajem urządzeń i stanem pomieszczeń roboczych oraz z rodzajem używanych materiałów i sposobami wykonywania czynności. Nie prowadzono natomiast w szerszym zakresie badań okoliczności zwiększających pośrednio ryzyko wypadku, do których zaliczyć należy czystość powietrza, temperaturę i oświetlenie. Liczne doświadczenia, jakkolwiek nie prowadzone w takim zakresie jak badania przyczyn bezpośrednich, pozwalają twierdzić, że zagadnienia przewietrzania, ogrzewania i oświetlenia są zasadnicze dla bezpieczeństwa i higieny pracy. Sprawy ogrzewania i przewietrzania pomieszczeń pracy były już przedmiotem publikacji w języku polskim*), brak jest natomiast odpowiednika w zakresie oświetlenia. Praca niniejsza ma stanowić krok wstępny do wypełnienia tej luki, w ramach akcji bezpieczeństwa i higieny pracy prowadzonej przez Ministerstwo Pracy i Opieki Społecznej.

W uwzględnieniu tej tezy publikacja niniejsza została opracowana w pierwszym rzędzie dla kierowników akcji bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładach pracy; ponieważ jednak jest

*) Nowakowski Brunon, dr — Zasady wietrzenia i ogrzewania zakładów pracy. — Warszawa, 1935, Wyd. Instytutu Spraw Społecznych.

ona związana ściśle z zagadnieniami produkcji, autor dążył do tego, by korzyści z publikacji odnieśli również kierownicy produkcji.

Z założeń tych wynika specjalna struktura publikacji. Po wstępnych rozważaniach teoretycznych, które starano się jak najbardziej ograniczyć, omówiono znaczenie oświetlenia dla bezpieczeństwa i higieny oraz dla wydajności pracy. Uwzględnienie tych problemów uważano za konieczne, gdyż stanowią one główny argument dla kierowników akcji bezpieczeństwa i higieny pracy oraz dla kierowników produkcji w stosunku do czynników dysponujących funduszami inwestycyjnymi oraz posiadającymi wpływ na podział kosztów nakładowych. W dalszym ciągu publikacji omówiono główne braki i usterki oraz najczęściej spotykane błędy w zakresie oświetlenia zakładów pracy, jak również najprostsze i najtańsze środki racjonalizacji oświetlenia.

Z założenia, że część teoretyczna publikacji powinna być możliwie szczupła, wynikła tendencja do uproszczeń i w związku z tym powstały pewne nieścisłości w definicjach pojęć techniki oświetleniowej. Pewne zastrzeżenia może nasunąć również nomenklatura pojęć i osprzętu oświetleniowego, co należy tłumaczyć brakiem odpowiednich norm słownictwa w języku polskim. Wiele innych braków należy przypisać szczupłości literatury, do jakiej miał dostęp autor w czasie opracowywania publikacji tj. w marcu i kwietniu 1945 r.

Pozwalam sobie w tym miejscu złożyć serdeczne podziękowanie p. V.-Minister dr Eugenii Pragierowej za inicjatywę i poparcie w wydaniu niniejszej pracy, pp. inż. Andrzejowi Mazurkiewiczowi, inż. Mieczysławowi Rzęckiemu, inż. Adamowi Walewskiemu i dr Henrykowi Hummlowi, specjalistom z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy, oraz inż. Władysławowi Hykielowi, fachowcowi oświetlenia elektrycznego, za cenne uwagi i wskazówki w zakresie ich specjalności.

Warszawa, w październiku 1946.

AUTOR

P R Z E D M O W A
DO II WYDANIA

Od chwili pierwszego, obecnie już wyczerpanego wydania niniejszej broszury upłynęło ponad cztery lata. W tym okresie ukazała się tylko jedna broszura poświęcona zagadnieniom oświetlenia, omawiająca zresztą wyłącznie oświetlenie sztuczne*). Brak publikacji dotyczących oświetlenia zakładów pracy daje się obecnie odczuwać szczególnie dotkliwie, gdyż w sześćdziesięcioletnim planie gospodarczym przewidziano znaczne kwoty na uzdrowienie warunków bezpieczeństwa i higieny pracy. W kwotach tych niepoślednią pozycję zajmują nakłady na usprawnienie warunków oświetlenia. Racjonalne wykorzystanie przewidzianych nakładów zależy przede wszystkim od znajomości zagadnień oświetleniowych przez osoby, dysponujące tymi nakładami, a więc przez kierownictwo zakładów pracy i przez referaty bezpieczeństwa i higieny pracy. Niniejsza publikacja ma ułatwić tym czynnikom właściwą gospodarkę kredytami przeznaczonymi na racjonalizację oświetlenia.

W nowym wydaniu zwrócono specjalną uwagę na rozwinięcie rozdziału omawiającego oświetlenie dzienne, które w wydaniu pierwszym było potraktowane zbyt skromnie. Uzupełniono przede wszystkim brak dotyczący obliczania jasności w pomieszczeniach przy oświetleniu dziennym. Rozdział omawiający oświetlenie sztuczne uzupełniono również przez wprowadzenie orien-

*) Roman Szalek — „Jak należy oświetlać“ Wyd. Główny Instytut Pracy, Warszawa 1949.

tacyjnej metody obliczania jasności w pomieszczeniach pracy (metoda watowa), która pozwoli zainteresowanym bez skomplikowanych obliczeń zorientować się w jakim stopniu istniejące oświetlenie odbiega od warunków przewidzianych normami.

W załączniku podano szczegółowe rozwinięcie norm jasności dla poszczególnych gałęzi przemysłu, co niewątpliwie ułatwi bardziej wnikliwą orientację co do wymogów jasności oświetlenia przy różnych rodzajach prac.

Broszurę uzupełniono ponadto rozdziałem omawiającym problem aktualny i wiążący się bezpośrednio z zagadnieniami oświetlenia, mianowicie zastosowania barw w pomieszczeniach pracy.

Autor czuje się w obowiązku podziękować pp. inż. Z. Radwańskiemu za uwagi dotyczące rozdziału o oświetleniu dziennym i inż. A. Walewskiemu za ogólną korektę broszury oraz Ministerstwu Pracy i Opieki Społecznej, dzięki któremu niniejsza broszura zostaje opublikowana.

AUTOR

Warszawa, kwiecień 1950 r.

SPIS TREŚCI

	<i>Str.</i>
I. WIADOMOSCI OGÓLNE O OŚWIETLENIU	11
1. <i>Właściwości światła</i>	13
2. <i>Wpływ oświetlenia na bezpieczeństwo pracy</i>	21
3. <i>Rentowność racjonalnego oświetlenia</i>	27
4. <i>Pojęcia i jednostki stosowane w technice oświetleniowej</i>	36
II. SWIATŁO DZIENNE	39
1. <i>Systemy oświetlenia dziennego</i>	41
2. <i>Oświetlenie boczne</i>	44
3. <i>Oświetlenie górne</i>	57
4. <i>Zalety i wady oświetlenia dziennego</i>	71
III. SWIATŁO SZTUCZNE	77
1. <i>Systemy oświetlenia sztucznego</i>	79
2. <i>Dobór jasności i barwy oświetlenia</i>	85
3. <i>Obliczanie jasności oświetlenia wewnątrz</i>	93
4. <i>Zwiększanie jasności oświetlenia</i>	99
5. <i>Równomierność oświetlenia</i>	104
IV. ZAŁĄCZNIKI	115
1. <i>Tabela jasności średnich przy oświetleniu ogólnym</i>	117
2. <i>Wpływ barwy na widzenie</i>	125
3. <i>Literatura</i>	133
4. <i>Skorowidz alfabetyczny</i>	137
5. <i>Streszczenie w języku rosyjskim</i>	145
6. <i>Streszczenie w języku angielskim</i>	147

I

WIADOMOŚCI OGÓLNE
O OŚWIETLENIU

TREŚĆ CZĘŚCI I

	<i>Str.</i>
1. <i>Właściwości światła</i>	13
2. <i>Wpływ oświetlenia na bezpieczeństwo pracy</i>	21
3. <i>Rentowność racjonalnego oświetlenia</i>	27
4. <i>Pojęcia i jednostki stosowane w technice oświetleniowej</i>	36

1. WŁAŚCIWOŚCI ŚWIATŁA

Wiemy, że najważniejszym naszym zmysłem jest zmysł widzenia, zwany wzrokiem. Wiemy też, że zmysł ten staje się bezwartościowy, gdy braknie światła. Dzięki niemu bowiem możemy oceniać barwy, kształty i kontrasty oświetlenia poszczególnych przedmiotów oraz ich części i w ten sposób odróżniać je od siebie. Ponieważ podstawowym wymogiem wykonywania pracy jest możliwość rozróżniania przedmiotów i ich części, przeto praca bez światła — podobnie, jak u ślepych — musi się ograniczyć do pewnych najprostszych czynności, natomiast wykonywanie bardziej skomplikowanych prac bez światła staje się niemożliwe.

Z drugiej strony światło posiada niezaprzeczalny wpływ na psychikę ludzką. Wiemy z własnego doświadczenia, jak działa ono podniecająco na człowieka, jak polepsza jego samopoczucie, jaką przez to daje pewność siebie i ochotę do pracy. W ciemności przeciwnie — człowiek staje się niepewny swych ruchów i poczynań, ogarnia go nastrój przygnębiający i zniechęcenie do pracy.

Te właściwości światła bezpośredniego wpływu na cechy fizyczne i psychiczne, na zmysły i na umysł człowieka pracującego sprawiają, że światło zaliczyć należy do najważniejszych czynników wytwórczości.

Dokładność widzenia, to jest: zdolność rozróżniania barw, kontrastów i kształtów przedmiotów, jako też szybkość spostrzegania, a więc główne czynniki składające się na sprawność wzroku — zależą przede wszystkim od ilości promieni świetlnych

odbitych od powierzchni przedmiotów oglądanych i dostających się na siatkówkę oka. Organ ten, specjalnie czuły na działanie światła, przesyła następnie swe wrażenia świetlne do mózgu za pomocą nerwów wzrokowych, i w ten sposób obraz przedmiotu oglądanego dochodzi do naszej świadomości.

Ilość promieni odbitych od oświetlonej powierzchni zależy nie tylko od jasności jej oświetlenia, lecz również od jej zdolności odbijania promieni.

Przez *jasność oświetlenia* przedmiotu rozumiemy ilość promieni wysyłanych przez źródło światła (zwanym w technice oświetleniowej — strumieniem świetlnym), przypadających na jednostkę powierzchni przedmiotu oświetlonego.

Zdolność odbijania promieni danej powierzchni określa się stosunkiem ilości promieni odbitych od tej powierzchni, do ilości promieni na nią padających. Wielkość określoną tym stosunkiem nazywamy *współczynnikiem odbicia*.

Współczynnik ten wynosi ¹⁾:

dla białego papieru rysunkowego	70% — 80%
„ twardego czarnego ołówka	ok. 45%
„ miękkiego czarnego ołówka	ok. 25%
„ czarnego aksamitu	ok. 0,4%

Dla osiągnięcia wrażenia równej jasności różnych powierzchni — powierzchnie o niższym współczynniku odbicia — należy oświetlić intensywniej niż lepiej odbijające.

Rozróżnianie kontrastów świetlnych zależy od intensywności oświetlenia, słabsze kontrasty wymagają bowiem silniejszego oświetlenia, niż kontrasty duże. Miarą wielkości kontrastu dwu różnych powierzchni jest stosunek współczynników odbicia tych powierzchni, zwany *współczynnikiem kontrastu*.

Współczynniki kontrastu wynoszą: ¹⁾

¹⁾ Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht, Nakl. Beleuchtungstechnische Gesellschaft E. V., Berlin 1931 — str. 12.

dla czarnego tuszu na białym papierze	1:18
„ pisma maszynowego na białym papierze	1: 8
„ maszynowego pisma przebitkowego	od 1: 2
(na przebitkowym papierze)	do 1: 5
„ czarnego ołówka na białym papierze	od 1: 1,5
rysunkowym	do 1: 3

Wpływ kontrastów na widzenie przedmiotów jest — jak widzimy — bardzo znaczny.

To samo dotyczy wpływu wielkości oglądanych przedmiotów, na ich widzenie, a ściślej wielkości obrazu na siatkówce oka tych przedmiotów, względnie ich części; im są mniejsze, tym silniejszego wymagają oświetlenia.

Zatem sprawność wzroku, czyli dokładność widzenia oraz szybkość spostrzegania zależą nie tylko od jasności oświetlenia, ale też od cech indywidualnych obserwowanego przedmiotu, a więc zdolności odbijania promieni, od kontrastów między poszczególnymi jego częściami i tłem oraz od wielkości przedmiotu i jego odległości od oka.

Ponadto sprawność wzroku zależy od właściwości światła, tj. od jego intensywności, rozproszenia i barwy.

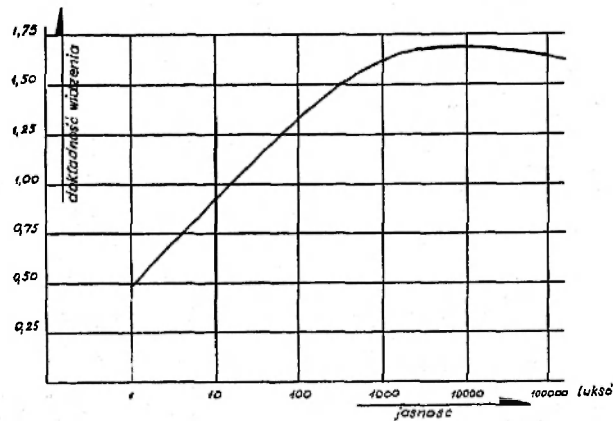
Oko ludzkie, przyzwyczajone do oświetlenia dziennego, najlepiej rozróżnia przedmioty w świetle dziennym, zwanym także naturalnym lub białym. Światło żarówki elektrycznej posiada o 70% promieni czerwonych więcej, niż światło dzienne, natomiast niebiesko-zielonych promieni prawie o 50% mniej²⁾. Rozproszenie światła dziennego jest na ogół znacznie większe niż elektrycznego, co również daje przewagę światłu dziennemu, jest bowiem przez to bardziej jednostajne i nie powoduje olśnienia.

Tak więc wymieniliśmy szereg najważniejszych czynników posiadających wpływ na dokładność widzenia, związanych zarówno z właściwościami oglądanych przedmiotów, jak zdolność odbijania promieni, kontrasty, wielkość i oddalenie, jak też

²⁾ Deutscher Ingenieur — Kalender 1925 — Nakł. Uhlands Technische Bibliothek — Leipzig — T. II, str. 653.

z właściwościami światła, jak intensywność i rozproszenie. Największy na ogół wpływ wywiera jednak intensywność światła.

Dla najczęściej spotykanych przedmiotów i ich właściwości — przy oświetleniu dziennym — *dokładność widzenia* zależy w następujący sposób od intensywności oświetlenia: przy jasnościach małych (kilku do kilkunastu ogólnie przyjętych jednostek jasności — luksów) rozpoznawanie przedmiotów jest bardzo trudne i męczące wzrok; przy jasnościach większych (do kilkudziesięciu luksów) dokładność widzenia szybko wzrasta, dalsze podwyższanie jasności (do kilkuset luksów) w mniejszym już stopniu przyczynia się do wzmożenia dokładności widzenia, a przy intensywnościach bardzo dużych (od kilkunastu do kilkudziesięciu tysięcy luksów) dokładność spostrzegania nie tylko nie wzrasta, ale nawet może się pogorszyć.



Rys. 1.
Zależność dokładności widzenia od jasności oświetlenia (jasność podana w skali logarytmicznej). Dokładność widzenia jest największa przy jasności od kilku do kilkunastu tysięcy luksów, przy jasnościach większych dokładność zaczyna się pogarszać.

Inaczej nieco niż dokładność kształtuje się przy zmianie jasności *szybkość spostrzegania*, pozostająca w odwrotnym stosunku do czasu potrzebnego na uświadomienie sobie obrazu oglądanego przedmiotu. Obraz przedmiotu powstaje wprawdzie na siatkówce natychmiast po dostaniu się do oka promieni odbitych od przedmiotu, czas jednak potrzebny na przesłanie obrazu za pomocą nerwów wzrokowych do mózgu i uświado-

mienie go sobie mierzy się w ułamkach sekundy. Według prof. Melanowskiego czas potrzebny na uświadomienie sobie obrazu w dobrych warunkach oświetlenia wynosi co najmniej 0,16 sekundy ³⁾).

Szybkość spostrzegania przy niedużych jasnościach jest mała, przy wyższych rośnie w sposób widoczny, osiągając swą najwyższą wartość przy jasności kilkuset, a nawet kilku tysięcy luksów. Nic też dziwnego, że w miarę postępu techniki oświetleniowej wymagania co do jasności — zależnie od potrzeb dokładności wykonywanych prac — dochodzą już do tysięcy luksów. Dalsze podwyższanie jasności nie daje już uchwytnej korzyści i przy bardzo wysokich wartościach kilkudziesięciu tysięcy luksów staje się szkodliwe dla oka. Wiemy z własnego doświadczenia, że wykonywanie czynności połączonych z potrzebą obserwacji drobniejszych szczegółów w pełnym świetle słonecznym jest uciążliwe, męczące i szkodliwe dla wzroku. Podobnie i zbyt słabe światło jest męczące i nadwęża wzrok.

Jakkolwiek sprawność oka ludzkiego przy bardzo niskich i bardzo wysokich jasnościach nie jest duża, należy jednak podkreślić, że oko posiada olbrzymią zdolność przystosowania się do bardzo znacznych różnic w nasileniu oświetlenia. Wystarczy wspomnieć, że wahania jasności w ciągu dnia wynoszą od ułamków luksa nawet do 250 tysięcy luksów. Przystosowanie to uzależnione jest jednak w znacznym stopniu od równomierności oświetlenia pola widzenia. Siatkówka oka uczuła się bowiem na średnią jasność pola widzenia i zbyt wielkie odchylenia od tej wartości w intensywności oświetlenia poszczególnych partyj pola wywołują zjawisko olśnienia.

Olśnienie polega na tym, że zbyt intensywne promienie wysyłane przez partie pola najsilniej oświetlone i najlepiej odbija-

³⁾ Melanowski W. H. Prof. Dr. med. — Higiena i ochrona narządu wzroku — Wyd. Instytut Spraw Społecznych — Warszawa, 1936, str. 21.

jące promienie, padając na siatkówkę przystosowaną do przyjęcia promieni o średniej intensywności, podrażniają ją i obniżają przez to sprawność wzroku.

Aby lepiej zrozumieć zjawisko olśnienia musimy wprowadzić, niezależnie od pojęcia jasności, nowe pojęcie — jaskrawości powierzchni.

Jeżeli przez *jasność oświetlenia* powierzchni rozumiemy ilość promieni padających na jednostkę tej powierzchni, to przez *jaskrawość powierzchni* należy rozumieć ilość promieni wysyłanych przez jednostkę powierzchni w kierunku oka, przy czym promienie te mogą być odbite albo własne.

Po tych wyjaśnieniach powróćmy do zjawiska olśnienia. Stopień olśnienia jest tym większy, im większa jest jaskrawość najsilniej oświetlonej partii pola widzenia, czyli im większą ilość promieni wysyła jednostka powierzchni tej partii w kierunku patrzenia, dalej — im większy jest stosunek jaskrawości tej partii do jaskrawości pozostałego pola widzenia, wreszcie im większy jest na siatkówce obraz partii wywołującej olśnienie, czyli im większa jest ona powierzchniowo i im bliżej oka się znajduje.

Ponadto można stwierdzić, że olśnienie jest tym większe im bliżej środka pola widzenia znajduje się partia olśniewająca (olśnienie w polu widzenia). W miarę oddalania się partii wywołującej olśnienie ku krańcom pola widzenia olśnienie maleje (olśnienie w otoczeniu). Wielkość olśnienia zależy jednak nie tylko od odległości od środka pola widzenia, lecz również od kierunku w jakim znajduje się źródło olśnienia: jest ono tym mniejsze im wyżej położone jest źródło olśnienia, większe zaś, gdy źródło znajduje się niżej lub z boku. Tłumaczyć to można tym, że łuk brwiowy i górne powieki lepiej osłaniają oczy niż dolne oraz, że zasięg widzenia górnego i bocznego jest mniejszy niż widzenia w dół.

Olśnienie może wystąpić również w przypadku, gdy jaskrawość przedmiotu oglądanego jest znacznie mniejsza od jaskrawości tła, np. przy oglądaniu przedmiotów pod światło.

Olśnienie osłabia zawsze zdolność widzenia, działając podobnie jak zbyt mała jasność. Nuży ono wzrok i przeszkadza w prawidłowym wykonywaniu czynności zależnych od spostrzegania, prowadząc do niepewności w pracy, do obniżenia jakości i ilości wytworów oraz do zwiększenia niebezpieczeństwa wypadku.

Oświetlenie olśniewające jest często nierozpoznanym błędem urządzeń oświetleniowych w wielu zakładach pracy.

Przyczyna leży w tym, że nawet do olśnienia — podobnie jak do zbyt skąpego oświetlenia, — jeżeli tylko nie jest zbyt rażące i nie wykazuje zbyt dużych nagłych wahań, oko się przyzwyczaja. Nierozpoznanie olśnienia można porównywać zatem z zepsutym zębem, który nie sprawia bólu i przez to nie jest leczony.

Rozpoznanie olśnienia jest nieraz stosunkowo łatwe, a to np. przez zmianę położenia przedmiotu obserwowanego lub oczu w stosunku do położenia źródła światła; jeżeli po takiej zmianie obserwowany przedmiot wystąpi wyraźniej, wtedy przyczyną złego widzenia było przeważnie olśnienie.

Olśnienie daje się najsilniej odczuwać przy obserwacji nieosłoniętych źródeł światła na ciemnym tle. Jaskrawym przykładem tego jest porażenie wzroku wywołane światłem reflektora samochodowego w ciemną noc na nieoświetlonej drodze; na oświetlonych ulicach miasta olśnienie takie daje się mniej odczuwać, a podczas dnia ten sam świecący reflektor może całkiem nie zwrócić uwagi. Podobnie światło nieosłoniętej żarówki zawieszanej nisko w ciemnym pokoju silnie razi wzrok, a w dzień można na nie patrzeć bez zmrużenia powiek. Także promienie pochodzące od źródeł światła, dostając się do oczu nie bezpośrednio lecz dopiero po odbiciu od gładkich powierzchni, mogą wywołać olśnienie.

Zjawisko olśnienia występuje również przy przechodzeniu z pomieszczeń ciemnych do jasnych. Tłumaczy się



Rys. 2.
Przedstawia płaskorzeźbę, oświetloną kontrastowo, co pozwala na dobre rozróżnienie rysów twarzy.



Rys. 3.
Oświetlenie płaskorzeźby światłem silnie rozprószonym nie pozwala rozróżnić rysów twarzy.

ono tym, że siatkówka otrzymuje wtedy promienie znacznie intensywniejsze od tych, na które uczuliła się w pomieszczeniu ciemnym i potrzebuje pewnego czasu na przystosowanie się do nowych warunków oświetlenia. Podobne zjawisko powstaje przy przechodzeniu z pomieszczeń jasnych do ciemnych.

Tak więc stwierdziliśmy, że przyczyną olśnienia są różnice jaskrawości w polu widzenia lub nagłe jej wahania. Mogłoby się zatem wydawać, że najlepsze warunki widzenia daje oświetlenie idealnie równomierne. Twierdzenie to jednak z innych względów nie odpowiada rzeczywistym potrzebom wzroku. Idealnie równomierne oświetlenie nie daje bowiem cieni, a bez cieni rozpoznanie budowy przestrzennej przedmiotów jest trudne. Rozpoznanie bryłowości przedmiotu następuje tylko wskutek różnicy w jaskrawości poszczególnych partyj przedmiotu, spowodowanej cieniami własnymi i rzuconymi, co jest wyraźnie zilustrowane na rys. 2 i rys. 3.

Z drugiej strony — ze względu na niebezpieczeństwo olśnienia przy zbyt dużych kontrastach świetlnych — cienie własne i rzucone nie powinny być zbyt ostre i głębokie.

Z tych względów w pomieszczeniach, w których odbywa się praca wymagająca rozróżniania przestrzennego, sprawę cienistości należy traktować jako bardzo ważną. Tam, gdzie to wymaganie odpada np. w biurach, salach wykładowych i rysunkowych wskazane jest oświetlenie całkowicie równomierne.

2. WPŁYW OŚWIETLENIA NA BEZPIECZEŃSTWO PRACY

Przy omawianiu właściwości światła stwierdziliśmy, że racjonalne oświetlenie, działając dodatnio na organ wzroku, zwiększa dokładność widzenia i szybkość spostrzegania oraz, wywierając wydatny wpływ na psychikę człowieka, poprawia jego samopoczucie i wzmacnia pewność siebie.

Dobre oświetlenie przedłuża czas pracy wzroku i to zarówno doraźnie przy codziennej pracy, nie męcząc szybko tego organu,

jak i na długą metę, pozwalając zachować sprawność wzroku, będącą pierwszym warunkiem możliwości wykonywania pracy zawodowej, do późnej starości.

Dobre oświetlenie, działając dodatnio na sprawność fizyczną pracownika oraz na jego psychikę, zmniejsza w znacznym stopniu jego podatność na wypadki przy pracy. Przy złym oświetleniu wzrok pracuje mniej sprawnie, samopoczucie pracownika również się pogarsza i w związku z tym szybkość i prawidłowość reakcji na bodźce zewnętrzne zostaje upośledzona, co oczywiście zmniejsza wybitnie szanse pracownika na uniknięcia wypadku.

Prawie każdy z nas zna wypadki spowodowane niedostatecznym oświetleniem, np. w przejściach, na klatkach schodowych, przy wirujących częściach maszyn itp. Niedostateczne oświetlenie zmusza niejednokrotnie pracującego zbliżyć oczy do przedmiotu obrabianego czy do narzędzia, co także powoduje często wypadki, np. uszkodzenie oczu odpryskami.

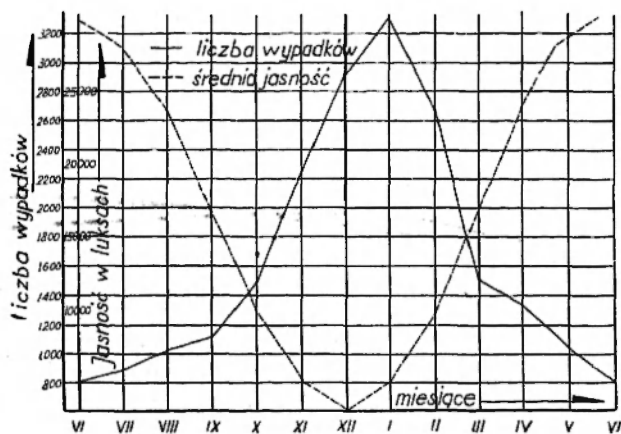
Podniesiemy tu jeszcze jedną sprawę związaną bardzo silnie z warunkami oświetlenia, mającą dla bezpieczeństwa pracy pierwszorzędną wagę. Chodzi tu o sprawę porządku i czystości, które bez dobrego oświetlenia nie są do utrzymania.

Porządek i czystość w pomieszczeniach i na stanowiskach pracy to główne warunki bezpieczeństwa pracy i jej wydajności. Wiemy jakie skutki pociąga za sobą nieporządek przy pracy, jak ją dezorganizuje: nieporządek na jednym stanowisku w zakładzie pracy rozszerza się jak zaraza i w konsekwencji prowadzi do zakażenia całego organizmu produkcyjnego, jakim jest zakład pracy.

Jako przyczynę 80% wypadków można podać nieporządek organizacyjny lub rzeczowy, ale jakże często jest on wywołany niedostatecznym lub wadliwym oświetleniem. O bezpośredni liczbowy dowód, że polepszenie warunków oświetlenia wpływa na zmniejszenie częstotliwości wypadków nie jest łatwo, gdyż wypadek jest na ogół wywołany szeregiem różnych przyczyn

i okoliczności, a przy badaniu rzadko tylko bierze się pod uwagę czynnik oświetlenia.

Potwierdzenie wpływu jasności na częstotliwość wypadków przy oświetleniu naturalnym na podstawie pośrednich danych liczbowych znajdujemy w badaniach Simpsona. Badania te zostały przeprowadzone na podstawie danych statystycznych z 1000 różnych przedsiębiorstw podlegających jednemu z większych towarzystw ubezpieczeniowych ⁴⁾.



Rys. 4.

Największe liczby wypadków przypadają na te miesiące, w których średnia jasność dzienna jest najmniejsza. Można zatem sądzić, że w obecnych warunkach światło sztuczne nie potrafi jeszcze zastąpić dziennego.

Wyniki tych badań przedstawione na rys. 4 wykazują, że liczebność wypadków w miesiącach zimowych (w grudniu i styczniu) są przeszło 3-krotnie większe, niż w miesiącach letnich (w czerwcu i lipcu). Niewątpliwie na wysokość

⁴⁾ Kowalew A. P. — Technika bezpieczeństwa труда w теплосиловых установках — Wyd. Gosenergoizdat, Moskwa — Leningrad, 1943, str. 47.

tych liczb wpływają wahania temperatury oraz różnice w swobodzie ruchów związane z letnim i zimowym ubiorem pracowników. Jeżeli się jednak zważy, że przedstawiona krzywa posiada typowy przebieg odwróconej krzywej oświetleniowej z jedną wartością najwyższą, to wyda się uzasadnione twierdzenie, że na kształtowanie przedstawionej krzywej światło wywarło niewspółmiernie większy wpływ, niż temperatura lub inne czynniki *).

Również G. Ichheiser przytacza badania Simpsona i innych, stwierdzające niewątpliwy wpływ oświetlenia na wypadkowość ⁵⁾:

„Simpson twierdzi, że 24% wszystkich wypadków jest wywołanych pośrednio lub bezpośrednio przez wadliwe oświetlenie. Według badań angielskich ilość wypadków wzrasta przy sztucznym oświetleniu o 25⁰%, według innych badań nawet o 120⁰%. Przy złym oświetleniu wzrasta w szczególności liczba urazów oczu (wskutek konieczności zbliżania oczu do narzędzi pracy, do wyrabianych przedmiotów itp.). Badania National Electric Light Association, dotyczące 80.000 wypadków przy pracy, wykazują, że na lipiec, w którym dni są najjaśniejsze, przypada także najmniejsza liczba wypadków, natomiast największa przypada na styczeń, w którym dni są najciemniejsze. Mercx wreszcie zaznacza, że niekorzystne oświetlenie przyczynia się pośrednio do zwiększenia liczby wypadków przez to, że wywołuje zmęczenie“.

Wpływ oświetlenia sztucznego na częstotliwość wypadków najłatwiej zbadać w zakładach pracy wysoce niebezpiecznych,

*) krzywa zależności liczby wypadków od temperatury powinna posiadać dwie wartości najwyższe: zimową i letnią, bo zarówno zbyt niska temperatura, jak i zbyt wysoka predysponuje robotnika do wypadku.

⁵⁾ Ichheiser Gustaw — Wypadki przy pracy ze stanowiska psychologii — Wyd. Instytut Spraw Społecznych — Warszawa 1935, str. 56.

posługujących się głównie oświetleniem sztucznym. Badania takie przeprowadzono w Niemczech ⁶⁾:

Badania przeprowadzone przez Hiepego wykazały, że w jednej kopalni węgla — przy zastosowaniu racjonalnego oświetlenia ogólnego zamiast niewystarczającego oświetlenia lampami przenośnymi — uzyskano obniżenie częstotliwości wypadków z 1,36 na 0,7 (jako częstotliwość przyjęto tu liczbę wypadków przypadającą na 10.000 ton wydobytego węgla), a więc prawie o połowę.

Przytoczone przykłady badań zagranicznych wskazują, jak doniosłe znaczenie dla bezpieczeństwa pracy posiada racjonalne oświetlenie i to zarówno naturalne, jak i sztuczne. Znaczenie to jeszcze bardziej się uwypukli, gdy uświadomimy sobie, jakie straty ponosimy w skali ogólnokrajowej wskutek wypadków związanych z niedostatecznymi lub wadliwymi warunkami oświetlenia miejsc pracy.

Przy założeniu, że straty produkcji są proporcjonalne do liczb straconych godzin pracy względnie do odpowiedniej kwoty straconych zarobków robotniczych oraz będąc w posiadaniu danych odnośnie wysokości straconych zarobków, można wyliczyć straty produkcji w związku z wypadkami przy pracy, jeżeli równocześnie znamy stosunek wartości produkcji do wartości odpowiadającej kwoty robocizny.

Na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego R. P. wartość produkcji przemysłowej i górniczej w Polsce wyniosła w roku 1938: $(6.200 \text{ mil. zł.} \times 119) : 102 = 7.235 \text{ mil. zł.}$ (M. R. St. 1939, str. 3 i 66), suma zaś odpowiadających zarobków robotniczych wyniosła: $(1.593,4 \text{ godzin} \times 0,78 \text{ zł/godz.})$, co czyni 1.247 mil. zł. (M. R. St. 1939, str. 265 i 274) ⁷⁾.

⁶⁾ Schneider L. — Förderung der menschlichen Arbeitsleistung durch richtige Beleuchtung — Sonderabdruck aus „Das Licht“, 8 rok, 12 zeszyt, str. 28.

⁷⁾ Główny Urząd Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej — Mały rocznik statystyczny — Warszawa, 1939.

Zatem stosunek wartości produkcji do kosztów jej robocizny wynosi: $7.235:1.247 = 5,8$.

Straty zarobków robotniczych wskutek wypadków przy pracy oszacowane przez W. Adamięckiego wynosiły w Polsce około 68 mil. zł. rocznie⁸⁾. Wartość ta odnosi się wprawdzie do roku 1929, to jednak w obliczeniu szacunkowym można ją przyjąć i dla roku 1938, gdyż warunki koniunktury gospodarczej w obu tych latach były zbliżone. Przybliżoną zatem kwotę strat wartości produkcji z powodu wypadków przy pracy można ocenić na 60 mil. zł. $\times 5,8$, czyli około 394 milionów zł. rocznie.

Jeżeli przyjmiemy dalej za Adamięckim, że straty społeczne na wypłatę rent poszkodowanym, wdowom i sierotom oraz wydatki na koszty leczenia poszkodowanych wynosiły w okresie przedwojennym 105 milionów zł. rocznie (na renty—68 mil. zł., na koszty leczenia — 37 mil. zł.)⁸⁾, to jako roczną sumę strat gospodarczo-społecznych można przyjąć kwotę 500 mil. złotych.

Zaznaczyć należy, że w obliczeniu tym nie uwzględniono strat związanych ze zniszczeniem lub uszkodzeniem budynków, urządzeń, maszyn, narzędzi i materiałów oraz zaburzeniem normalnego przebiegu produkcji (jak np. postój maszyn, stracony czas robotników - świadków wypadku, stracony czas kierownictwa, potrzeba zastąpienia poszkodowanego innym robotnikiem), z udzieleniem pierwszej pomocy itp. innych wydatków. Z braku danych strat tych nawet w przybliżeniu nie podobna wyliczyć.

Jeżeli zgodzimy się z Simpsonem, że 24% wszystkich wypadków przy pracy powodują pośrednio lub bezpośrednio wadliwe warunki oświetlenia (por. str. 24) — a założenie takie wydaje się tym bardziej słuszne, że urządzenia oświetleniowe i ich konserwacja są u nas bardziej zaniedbane niż inne urządzenia produkcyjne i pomocnicze — to roczną sumę strat gospodarczo-

⁸⁾ Adamięcki W. — Gospodarcze znaczenie bezpieczeństwa pracy — Wyd. Instytut Spraw Społecznych — Warszawa, 1934, str. 20 oraz str. 11 i 14.

społecznych wskutek wypadków w związku z wadliwymi warunkami oświetlenia w zakładach pracy w Polsce można ocenić na około 120 milionów zł (przedwojennych).

Jest to kwota tak znaczna, że warto pokusić się o jej obniżenie, co — jak wynika z przytoczonych przykładów — jest rzeczą zupełnie realną, tymbardziej, że koszty z tym związane są stosunkowo nieduże. Zagadnienie to postaramy się omówić w następnym rozdziale. Rozdział następny omówi ponadto straty na wydajności pracy, wynikłe z wadliwego oświetlenia, które nie zostały objęte wyżej podaną kwotą strat w związku z wypadkami przy pracy.

3. RENTOWNOŚĆ RACJONALNEGO OŚWIETLENIA

W miarę polepszania warunków oświetlenia miejsc pracy zwiększa się ilość wytworów, poprawia ich jakość, a ilość braków i odpadków maleje. Podkreślić należy, że ten wzrost produkcji nie odbywa się kosztem zwiększenia wysiłków pracownika, lecz dzięki podwyższeniu dokładności widzenia i szybkości spostrzegania, dzięki ułatwieniom w utrzymywaniu porządku i czystości w pomieszczeniach, stanowisk i urządzeń wytwórczych, a wreszcie, co się wydaje najważniejsze, dzięki poprawie samopoczucia pracownika, a co za tym idzie — zwiększonej ochocie do pracy. Doświadczenia zagraniczne uczą, że racjonalizacja oświetlenia daje korzyści niewspółmierne w stosunku do kosztów urządzenia i eksploatacji nowoczesnych instalacji oświetleniowych. W Polsce można nawet oczekiwać lepszych wyników, skoro się zważy, że stan oświetlenia naszych zakładów pracy na skutek nieudolnej gospodarki w okresie przedwojennym, oraz kolosalnych zniszczeń spowodowanych hitlerowską okupacją, daleko odbiega od warunków, w jakich znajdują się pod tym względem zakłady zagraniczne.

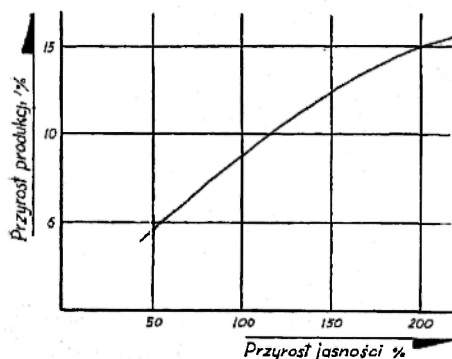
Szereg wniosków w tym względzie wyciągnięto na podstawie przeprowadzonych badań w przemyśle Stanów Zjednoczo-

nych Ameryki Północnej. Dr M. Luckiesh w książce swej pt. „Światło i praca“ podaje wyniki ankiety rozpisanej wśród niektórych przedsiębiorstw amerykańskich na temat osiągniętych korzyści w związku z przeprowadzoną racjonalizacją oświetlenia.

Wynik ankiety był następujący ⁹⁾:

- 79% zakładów podało podniesienie wydajności pracy,
- 71% „ „ zmniejszenie ilości braków,
- 60% „ „ zmniejszenie liczby wypadków,
- 51% „ „ podniesienie dyscypliny pracy,
- 41% „ „ poprawę warunków zdrowotnych.

Wykres pokazany na rys. 5 (wg Luckiesha) podaje linię wzrostu wydajności pracy przy podwyższaniu jasności w jednym z przedsiębiorstw amerykańskich.



*Rys. 5.
Powiększanie jasności wpływa na wzrost wydajności pracy i zwiększenie produkcji. Największe korzyści z tego tytułu można uzyskać szczególnie przy pracach dokładnych i precyzyjnych.*

Zaznaczyć należy, że przy określaniu wydajności pracy odliczono tu od rzeczywistego jej przyrostu tę część, jaka odpowiada pokryciu kosztów urządzenia i eksploatacji nowej instalacji oświetleniowej.

Wykres ten podaje zatem czysty zysk, osiągnięty dzięki poprawie warunków oświetlenia.

⁹⁾ Pawlikowski J. Dr. Inż. — Oświetlenie zakładów przemysłowych — „Przegląd Bezpieczeństwa Pracy“ — Warszawa, 1938, Nr 3, str. 67 i 68.

Nie mniej ciekawe są dalsze przykłady przytoczone w książce wymienionego autora:

1. Zwiększenie jasności z 40 na 100 luksów podniosło wydajność pracy w poszczególnych wydziałach pewnej wytwórni o 9 do 27%.
2. W innym zakładzie pracy, gdzie warunki oświetleniowe były bardzo prymitywne, po zastosowaniu lamp z racjonalnymi osłonami i 7-krotnym podwyższeniu mocy żarówek, wydajność pracy wzrosła o ponad 100%.
3. Trzykrotne podwyższenie mocy żarówek w jednym z zakładów produkcyjnych podniosło jasność z 80 na 120 luksów. Uzyskano w ten sposób podwyższenie wydajności pracy o 10%, podczas gdy koszt eksploatacji oświetlenia podniósł się tylko o 1,2% wydatków na robociznę.
4. W jednej z wytwórni przeprowadzono racjonalizację oświetlenia stopniowo w ciągu 4 miesięcy. Badania nad wynikami każdego etapu były prowadzone bardzo skrupulatnie.

Wyniki były następujące:

jasność średnia w luksach:	12	65	90	140
zwiększenie produkcji w %:	0	13	19	26

Powiększenie kosztów eksploatacji po ostatnim etapie ulepszenia wyniosło zaledwie 2% robocizny.

Prof. Nowakowski w artykule pt. „Warunki dobrego oświetlenia“ podaje również dwa przykłady racjonalizacji oświetlenia w przemyśle amerykańskim: ¹⁰⁾

1. W jednej z wytwórni wśród robotnic sprawdzających jakość kulek łożyskowych otrzymano następujący wzrost wydajności pracy: przyjmując wydajność przy

¹⁰⁾ Nowakowski B. Dr. — Warunki dobrego oświetlenia — „Inspektor Pracy“, Warszawa 1930, Nr 9 — 10, str. 6.

50 luksach za 100, osiągnięto przy 130 luksach wydajność 108, przy 200 luksach zaś — 112,5%.

2. Podczas badań nad wydajnością pracy przy sortowaniu kart w amerykańskiej służbie pocztowej stwierdzono przy podwyższeniu jasności z 28 na 80 luksów wzrost wydajności pracy o 25%.

W zakresie badań nad racjonalizacją oświetlenia należy przede wszystkim wymienić Związek Radziecki, który, jako pierwsze na świecie państwo socjalistyczne, wprowadza systematycznie i masowo ulepszenia we wszystkich dziedzinach życia w trosce o dobro człowieka pracy.¹¹⁾

W jednym z zakładów włókienniczych w ZSRR przeprowadzono bardzo dokładne 3-tygodniowe badania, które wykazały w różnych działach produkcji wzrost wydajności pracy od 5 do 11%, przy 2,5 do 4-krotnym podwyższeniu jasności.

Bardzo skrupulatne badania w tym zakresie przeprowadzili także i Niemcy. Przytaczamy poniżej jeden przykład:¹²⁾

W jednej z wytwórni sztucznego jedwabiu wprowadzono ulepszone oświetlenie przy nawijarkach, instalując reflektory emaliowane i zwierciadlane. Przy reflektorach emaliowanych i podwyższeniu mocy żarówek z 80 na 700 watów uzyskano zwiększenie wydajności pracy o 26,2%. Przy reflektorach zwierciadlanych i zwiększeniu mocy żarówek z 80 na 510 watów uzyskano wzmożenie wydajności o 32,8%. Zaznaczyć należy, że przy świetle dziennym wydajność była tylko o 23,5% wyższa niż przy oświetleniu

¹¹⁾ Dukielskaja, Dunajewskaja, Krasnowskij dr. dr. — Wljanje racjonalizacji oświezczenia na utomlajemost i proizwoditel'nost truda proborszczykom — „Gigiena, Bezopasnost i Patologia Truda“ — Moskwa — Leningrad 1931, Nr 7, str. 27.

¹²⁾ Goldstern N. i Putnoky F. dr. ing.: Die Wirtschaftliche Beleuchtung von Scharmaschinen in der Seiden — und Kunstseidenindustrie — Sonderdruck „Die Kunstseide“ 1933, Zeszyty 4 i 5, str. 30.

żarówkami 80-watowymi, co wskazywałoby w tym przypadku nie tyle na wyższość oświetlenia elektrycznego, co na niedostateczne oświetlenie dzienne.

Badania przeprowadzone przez angielskie: „Medical Research Council“ i „Department of Scientific and Industrial Research“ w Londynie nad wydajnością pracy składaczy drukarskich doprowadziły do następujących wyników: ¹³⁾

Przy określeniu przeciętnej wydajności pracy przy dziennym świetle jako 100% uzyskano przy oświetleniu elektrycznym o jasności 300 luksów również 100% wydajności, przy 100 luksach — 90%, zaś przy 20 luksach — tylko 77%.

Błędy składaczy wyniosły: przy świetle dziennym i przy oświetleniu sztucznym o jasności 300 luksów — 0,6%, przy 100 luksach — 0,75%, przy 20 luksach — 1,4%.

Szereg przytoczonych powyżej przykładów wykazuje niezaprzeczenie, jak doniosłe znaczenie dla wydajności pracy i dla jakości wyrobów posiada stosowanie racjonalnego oświetlenia, nie zawsze jednak z tych przykładów wynika, że korzyści z ulepszenia są większe, niż wydatki z tym związane.

Przeprowadzone w dalszym ciągu obliczenie, oparte na ostatnim przykładzie pracy składaczy, wykaże bezsprzecznie, że skąpe oświetlenie kosztuje znacznie drożej, niż racjonalne.

W ostatnim przykładzie podano, że gdy wydajność pracy składaczy przy jasności 300 luksów określimy na 100%, to przy 100 luksach spada ona do 90%, zaś przy 20 luksach wynosi tylko 77%.

Wynika stąd, że jeżeli wykonanie pewnej określonej pracy składacza przy jasności 300 luksów wymaga 1 godziny, to przy 100 luksach czas potrzebny na wykonanie tej samej pracy prze-

¹³⁾ Kircher W. u. Schneider L. dipl. ing. — Was kostet schlechte Beleuchtung — Sonderabdruck aus „Das Licht“, 1 rok — str. 4 i 5.

dłuży się do 1 godziny i 7 minut, przy 20 luksach zaś będzie wynosił 1 godzinę i 18 minut.

Jeżeli przyjmiemy, że płaca składacza w okresie przedwojennym wynosiła 2,40 zł/godz., to za wykonanie danej pracy trzeba było zapłacić przy jasności 300 luksów 2,40 zł przy 100 luksach — 2,66 zł, przy 20 luksach zaś koszt robocizny wzrastał do 3,12 zł.

Przy założeniu, że oświetlenie miejsca pracy jasnością 300 luksów wymaga żarówek o mocy 200 watów (1 żarówka 100 watowa do oświetlenia miejscowego jednego stanowiska i 1 żarówka 200 watowa do oświetlenia ogólnego na 2 stanowiska) oraz, że cena 1 kilowatgodziny wynosi 0.60 zł, koszty oświetlenia dla wykonania danej pracy wyniosą przy 300 luksach — 0,12 zł, przy 100 luksach — ok. 0,04 zł, przy 20 luksach — ok. 0,01 zł.

Łączne koszty robocizny i oświetlenia wyniosą zatem przy 300 luksach — 2.52 zł, przy 100 luksach — 2.70 zł, przy 20 luksach zaś — 3.13 zł, czyli o 25⁰/₀ więcej niż przy 300 luksach.

Po uwzględnieniu zatem kosztów eksploatacji wykazano, że dobre oświetlenie przynosi znaczne korzyści materialne. Mógłby jednak ktoś zarzucić, że wydatki związane z instalacją nowych lamp oraz żarówek o większej mocy znacznie podwyższą koszty oświetlenia, co już może się nie kalkulować.

Założmy, że koszty ulepszenia oświetlenia stanowiska składacza przez zainstalowanie odpowiedniej lampy sufitowej i stołowej wynoszą 100 zł, przyjmijmy dalej 10-letni okres amortyzacji oraz 5⁰/₀ rocznego oprocentowania kapitału, wtedy roczny koszt ulepszenia wyniesie 15 zł. Przyjmijmy również roczny koszt wymiany żarówek na 10 zł. Sumaryczne koszty roczne instalacji i konserwacji wyniosą zatem 25 zł. Założmy dalej, że praca składacza przy świetle sztucznym wynosi 250 godzin w ciągu roku. Przeliczając przeto koszty instalacji i konserwacji na jedną godzinę pracy składacza, wyniosą one 0.10 zł/godz., co stanowi 4⁰/₀ kosztów robocizny.

Przy przyjęciu większej liczby godzin, np. 500 godzin pracy przy świetle sztucznym, koszty te obniżają się do 0,05 zł/godz., co stanowi 2^o/_o kosztów robocizny.

Przytoczone przykłady i obliczenia wykazują dobitnie, że racjonalne oświetlenie podczas pracy zawsze się opłaca, gdyż koszty instalacji, eksploatacji i konserwacji racjonalnych urządzeń oświetleniowych stanowią zaledwie drobny ułamek kosztów robocizny i są znacznie niższe od zysków wynikłych ze wzmożenia produkcji.

Spróbujmy teraz obliczyć, jakie korzyści odnieść by mogła gospodarka krajowa Polski, gdyby w zakładach przemysłowych zrationalizować oświetlenie zarówno naturalne, jak też i sztuczne.

Założmy, że koszt dodatkowy ulepszenia oświetlenia naturalnego, a więc koszt częstszego mycia szyb, odświeżania oraz malowania ścian i sufitów, utrzymania w jasnym kolorze urządzeń wewnętrznych w pomieszczeniach pracy, a w niektórych przypadkach koszt założenia nowych lub też powiększenia istniejących okien — wyniesie ok. 1^o/_o robocizny, a wydajność pracy podniesie się przy tym o ok. 2^o/_o. Liczba ta nie wyda się zbyt duża, skoro się zważy, że samo tylko oczyszczenie okien i odmalowanie ścian i sufitów może niejednokrotnie podnieść jasność w pomieszczeniach o ponad 100^o/_o.

Założmy dalej, że koszt ulepszenia oświetlenia elektrycznego wyniesie 4% kosztów robocizny; koszt ten przyjęto tak wysoki z uwagi na prymitywność naszych instalacji sztucznego oświetlenia, co może niejednokrotnie wymagać całkowitej wymiany instalacji. Przyjmijmy również, że przy tych ulepszeniach wydajność pracy podniesie się o 10^o/_o. Liczba ta również nie jest wysoka, gdy się weźmie pod uwagę znaczną prymitywność urządzeń oświetleniowych naszych zakładów, co powoduje, że

przy stosunkowo małych wkładach można uzyskać bardzo znaczne efekty.

Przyjmijmy ponadto, że 85% pracy w ciągu roku odbywa się przy świetle dziennym, pozostałych zaś 15% przy oświetleniu sztucznym, a wówczas możemy przeprowadzić następujące obliczenia:

Wartość produkcji przemysłowej i górniczej w Polsce według danych Głównego Urzędu Statystycznego R. P. wyniosła w roku 1938 — 7.235 mil. zł. (por. obliczenia na str. 25).

Na podstawie przyjętych założeń oraz znając całkowitą wartość produkcji, obliczamy:

wartość produkcji przy ośw. dziennym	7235	×	0,85	=	6150	mil. zł
„ „ „ „ sztucznym	7235	×	0,15	=	1085	„ „
zwiększ. „ „ „ „ dziennym	6150	×	0,02	=	123	„ „
„ „ „ „ sztucznym	1085	×	0,10	=	108	„ „

A więc poprawa warunków oświetlenia może podwyższyć wartość produkcji w ciągu roku o ponad 230 mil. zł. Zważywszy, że zyski ze zmniejszenia częstotliwości wypadków przy zastosowaniu racjonalnego oświetlenia mogą przynieść 120 mil. zł. rocznie (por. obliczenie na str. 26), można przypuszczać, że łączne zyski przekroczą kwotę 350 mil. zł. rocznie.

W obliczeniu powyższym uwzględniono jednak tylko doraźne obniżenie się sprawności wzroku, a zarazem wydajności pracy na skutek wadliwego oświetlenia, pod tym względem posiadamy bowiem dane doświadczalne, pozwalające na przeprowadzenie szacunku. Natomiast z braku danych obliczenie nie uwzględnia strat wynikłych z ciągłego pogarszania się wzroku pracownika z miesiąca na miesiąc i z roku na rok wskutek wad oświetlenia. Mimo że badania w tym kierunku są specjalnie trudne i brak jest odpowiednich danych liczbowych, to jednak jest rzeczą powszechnie wiadomą, że wzrok pogarsza się w miarę starzenia się organizmu, przy czym szybkość pogarszania się wzroku zależy przede wszystkim od rodzaju wykonywanej

pracy zawodowej oraz od warunków oświetlenia przy tej pracy. Przyjmując — zresztą całkiem dowolnie z braku danych — że straty produkcji wskutek stałego pogarszania się wzroku pracowników przy nieodpowiednim oświetleniu łącznie z kosztami leczenia chorych i osłabionych oczu (u górników istnieje nawet choroba zawodowa oczu tzw. oczopląs) wynoszą około 1% wartości produkcji, tj. ponad 70 mil. zł, można przypuszczać, że po wprowadzeniu ulepszeń w zakresie oświetlenia zakładów pracy roczne zyski w wyniku zwiększenia produkcji oraz zmniejszenia strat spowodowanych wypadkami przy pracy mogą się wyrazić w Polsce kwotą ponad 420 milionów zł. (przed wojennych).

W dalszym ciągu postaramy się oszacować, jakiej kwoty potrzeba na przeprowadzenie tych ulepszeń.

Na podstawie założeń przyjętych na str. 34 oraz przyjmując zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego R. P. roczne koszty robocizny w przemyśle i górnictwie w kwocie 1247 mil. zł. (por. str. 25), obliczamy:

koszty robocizny przy ośw. dziennym	$1247 \times 0,85 = 1060$ mil. zł
„ „ „ „ sztucznym	$1247 \times 0,15 = 187$ „ „
„ ulepszeń „ „ dziennym	$1000 \times 0,01 = 11$ „ „
„ „ „ „ sztucznym	$187 \times 0,05 = 9$ „ „

Łączne zatem koszty roczne ulepszeń w zakresie oświetlenia zakładów pracy w Polsce można ocenić na około 20 milionów zł. Wkład ten jest przeto około 20-krotnie mniejszy od zysków, jakie można dzięki niemu osiągnąć i nawet w przypadku, gdybyśmy o 100% przecenili straty i również o 50% niedoszacowali kosztów ulepszeń, czego zresztą nie należy przypuszczać, poprawa warunków oświetlenia przyniesie jeszcze i wtedy zysk 5-krotny, a więc włożony kapitał zamortyzuje się w ciągu niepełna 3-ch miesięcy.

Podkreślić należy, że w obliczeniu pominięto zyski wynikające z poprawy jakości produkcji oraz ze zmniejszenia szkód materialnych, jak zniszczenie maszyn, urządzeń, a nawet całych pomieszczeń i budynków wskutek wadliwego oświetlenia.

Prócz tych zysków materialnych niepodobna pominąć milczeniem korzyści humanitarnych, które można ocenić w przybliżeniu jako oszczędzenie w ciągu roku dziesiątków i setek istnień ludzkich oraz uratowanie tysięcy ludzi od kalectwa spowodowanego wypadkami podczas pracy, wreszcie oszczędzenie organu wzroku pracowników i przedłużenie w ten sposób okresu ich zdolności do pracy i zarobkowania.

4. POJĘCIA I JEDNOSTKI STOSOWANE W TECHNICIE OŚWIETLENIOWEJ

Międzynarodowo przyjętym wzorcem źródła światła jest *świeca międzynarodowa*. Ilość energii świetlnej wysyłanej przez to źródło równa się w przybliżeniu ilości światła promieniowanej przez świecę stearynową o średnicy 20 mm.

Przyjmuje się, że świeca międzynarodowa jest idealnym punktowym źródłem światła, które promieniuje energię świetlną równomiernie we wszystkich kierunkach. Stosowane w technice źródła światła ani nie są punktowymi, ani też nie promieniają jednakowych ilości światła we wszystkich kierunkach. Toteż dla celów porównania różnych źródeł światła technika oświetleniowa wprowadziła pojęcie *światłości*. *Światłością* nazywamy ilość energii świetlnej wypromieniowanej przez źródło światła w określonym kierunku, przypadającą na jednostkę kąta bryłowego (na 1 steradian). Jednostką światłości jest *kandela*, (1 cd), tj. światłość pochodząca od międzynarodowego wzorca źródła światła.

Energię świetlną wysyłaną przez źródła światła w jednostce czasu przyjęto w technice oświetleniowej nazywać *strumieniem*

światelnym. Jednostką strumienia świetlnego jest ilość energii świetlnej wysyłanej przez świecę międzynarodową w jednostce kąta bryłowego. Jednostkę strumienia świetlnego nazywamy *lumenem* (1 lm).

Związek między światłością a strumieniem świetlnym wyraża się zatem następującym wzorem:

$$\text{światłość (cd)} = \frac{\text{strumień świetlny (lm)}}{\text{kąt bryłowy (strd)}}$$

Wielkość całkowitego strumienia świetlnego wysyłanego przez świecę międzynarodową jest łatwo wyliczyć. Jak wiadomo bryłowy kąt pełny wynosi 12,57 czyli 4π jednostek kąta bryłowego (steradianów). Stąd całkowity strumień świetlny wypromieniony we wszystkich kierunkach przez świecę międzynarodową wynosi 12,57 lumenów.

Jednym z najważniejszych pojęć stosowanych w technice oświetleniowej jest jasność oświetlenia. *Przez jasność oświetlenia rozumiemy wielkość strumienia świetlnego przypadającego na jednostkę powierzchni oświetlonej*.

Za jednostkę jasności oświetlenia powierzchni przyjmujemy *luks (1 lx) tj. jasność oświetlenia w przypadku, gdy na powierzchnię 1 metra kwadratowego pada strumień świetlny 1 lumena*.

Jeżeli zatem wielkość strumienia świetlnego oznaczymy symbolem F, zaś wielkość powierzchni oświetlonej symbolem S, to jasność oświetlenia powierzchni określona symbolem E wyrazi się wzorem:

$$E = \frac{F}{S}$$

Obliczmy, jaka jasność panuje na powierzchni kuli o promieniu 1 m, w której środku znajduje się wzorcowe źródło światła (świeca międzynarodowa). Jak już wyżej stwierdziliśmy, całkowity strumień świetlny takiego źródła światła rozkłada się równomiernie na wszystkie kierunki, a wielkość jego wynosi 12,57 lumenów. Jak wiadomo, wielkość powierzchni kuli o promieniu 1 m wynosi $12,57 \text{ m}^2$ ($4\pi \text{ m}^2$).

Stąd jasność panująca w odległości 1 m od świecy międzynarodowej wynosi 1 luks:

$$E = \frac{12,57 \text{ lm}}{12,57 \text{ m}^2} = 1 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = 1 \text{ lx}$$

W odległości 2 m od świecy międzynarodowej będzie oczywiście jasność wynosić tylko 1/4 lx, gdyż ten sam strumień świetlny pada na powierzchnię 4-krotnie większą. Ogólnie można przyjąć, że *jasność zmniejsza się proporcjonalnie do kwadratu odległości od punktowego źródła światła wysyłającego promienie równomiernie we wszystkich kierunkach.*

II

ŚWIATŁO DZIENNE

TREŚĆ CZĘŚCI II

	<i>Str.</i>
1. <i>Systemy oświetlenia dziennego</i>	41
2. <i>Oświetlenie boczne</i>	44
3. <i>Oświetlenie górne</i>	57
4. <i>Zalety i wady oświetlenia dziennego</i>	71

1. SYSTEMY OŚWIETLENIA DZIENNEGO

Rozróżniamy dwa systemy oświetlenia pomieszczeń światłem dziennym (naturalnym): *boczne i górne*. Przez *boczne* — rozumujemy oświetlenie za pomocą otworów w ścianach, przez *górne* zaś — w stropie, a ściślej — we więźbie dachowej budynku. Pierwszy system stosuje się w budynkach piętrowych, a także w wysokich budynkach parterowych, drugi natomiast — w budynkach niskich, zajmujących większą przestrzeń.

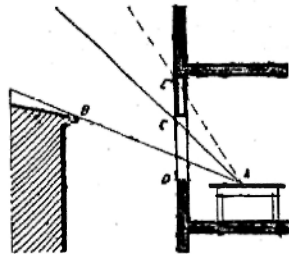
Wadą oświetlenia bocznego jest jego nierównomierność i to zarówno dla pomieszczeń na różnych poziomach, jak też w różnych częściach poszczególnych pomieszczeń.

Nierównomierność oświetlenia pomieszczeń na różnych kondygnacjach wynika z tego, że pomieszczenia górne oświetlane są zazwyczaj przez większy obszar firmamentu, niż dolne. Szczególnie dotkliwie daje się to odczuwać w budynkach, naprzeciw których znajdują się inne wysokie budynki. Wtedy bowiem pomieszczenia dolne otrzymują światło często nie bezpośrednio od firmamentu, lecz z przestrzeni między budynkami. Przestrzeń ta przedstawia coś w rodzaju studni, a wiemy, jak szybko spada jasność w szybie studziennym w miarę oddalania się od górnej jego krawędzi. Spowodowane to jest tym, że głębsze partie studni oświetlane są przez mniejszy obszar nieba.

Obszar ten jest proporcjonalny do kąta, pod którym go widzimy; kąt ten nazywamy *kątem rozwarcia*. Im większy zatem kąt rozwarcia, tym lepiej oświetlone wnętrze.

Zastanówmy się, w jakim stosunku pozostaje kąt rozwarcia do wymiaru i kształtu otworów okiennych. Jasną jest rzeczą, że

kąt rozwarcia, a zarazem jasność w pomieszczeniu wzrasta w miarę powiększania powierzchni otworu okiennego. Dla wzrostu tego nie jest jednak obojętne, czy powiększamy wysokość, czy też szerokość okna. Ilustruje to rys. 6, na którym kąt rozwarcia dla punktu wnętrza oznaczonego literą A odpowiada kątowi BAC. Przy rozszerzaniu otworu okiennego kąt ten nie ulega zmianie, zatem przyrost jasności w pomieszczeniu jest proporcjonalny tylko do przyrostu szerokości okna. Jak wynika z tego co już wyżej powiedzieliśmy, dolna krawędź okna znajduje się w przestrzeni ciemniejszej niż górna, toteż zwiększanie powierzchni okna przez obniżanie krawędzi D powiększy jasność pomieszczenia w mniejszym stopniu, niż przez powiększanie szerokości. Górna krawędź okna C znajduje się w przestrzeni jaśniejszej, toteż rozjaśnienie wnętrza przez podwyższenie tej krawędzi o pewną długość będzie większe niż przy rozszerzaniu okna o taką samą długość.



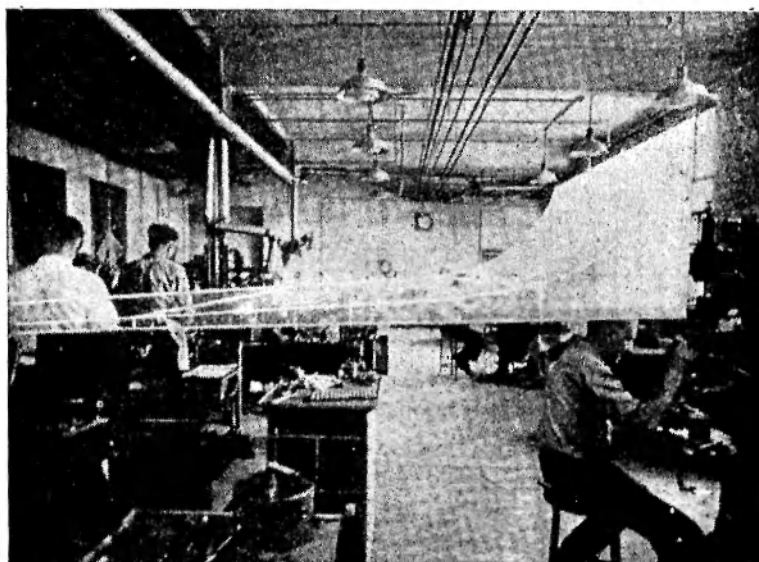
Rys. 6.

Pomieszczenie jest tym lepiej oświetlone, im większy obszar nieba jest widoczny z jego wnętrza. Przy budowie fabryk należy dążyć do tego, aby możliwie z każdego pomieszczenia był widoczny choć skrawek nieba.

Przy tym samym więc stosunku powierzchni okien do powierzchni podłogi — więcej światła dają okna wąskie i wysokie, niż niskie a szerokie.

Z omówionych powyżej względów należy zatem dążyć do tego, by każde pomieszczenie pracy otrzymywało jak najwięcej światła bezpośrednio od firmamentu, by z każdego pomieszczenia było widać choćby mały obszar nieba, oraz by otwory okienne były podciągnięte jak najbliżej sufitu, szczególnie gdy w pobliżu znajdują się wysokie budynki, utrudniające dostęp światła do wnętrza.

Drugą wadą oświetlenia bocznego jest silny spadek jasności wewnątrz w miarę oddalania się od otworów okiennych (rys. 7). Toteż przepisy przewidują, że prace wymagające rozróżniania szczegółów nie powinny się odbywać w większej odległości od okien niż podwójna ich wysokość.



30 100 200 1200 lx

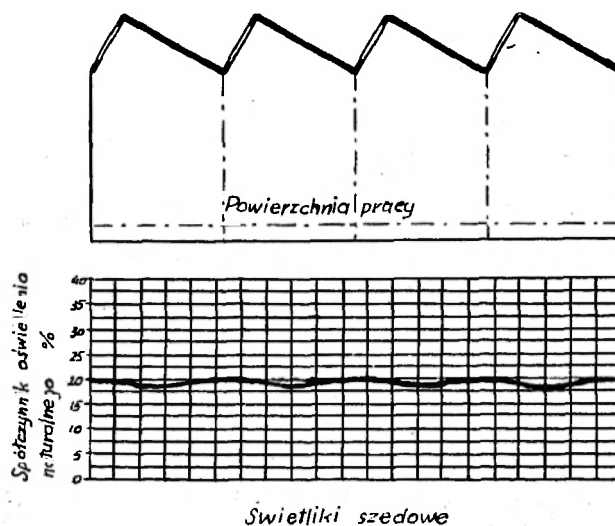
Rys. 7

przedstawia spadek jasności w pomieszczeniu. Przy oknie wynosi jasność 1200 lx, w odległości kilku metrów od okna już tylko 30 lx.

Tej ostatniej wady nie posiada oświetlenie górne.

Najlepsze wyniki przy oświetleniu tego rodzaju daje stosowanie systemu szedowego polegającego na tym, że światło wpada do pomieszczeń od strony północnej przez odpowiednio duże świetliki dachowe, ustawione pionowo lub ukośnie do poziomu (rys. 8). Oświetlenie tego rodzaju jest dobrze rozproszone i równomierne, posiada na ogół wystarczającą intensywność i w nasileniu swym jest stosunkowo mało zmienne. Przy systemie tym

jasność zmniejsza się w miarę wzrostu wysokości pomieszczenia, toteż stosuje się go tylko dla niskich budynków.



Rys. 8.
Światliki szedowe skierowane ku północy dają bardzo równomierne oświetlenie pomieszczeń.

W pomieszczeniach wysokich stosuje się często połączenie obu omawianych systemów, tj. oświetlenie górno-boczne, które łączy w sobie zalety i wady obu systemów.

2. OŚWIETLENIE BOCZNE

Zasadniczym elementem służącym do oświetlenia bocznego pomieszczeń pracy światłem dziennym są otwory w ścianach zwane *oknami*. Oczywiście, pomieszczenia otrzymują tym więcej światła im większa jest powierzchnia okien. *Miarą najczęściej stosowaną do oceny, czy wymiar okien jest wystarczający dla celów oświetlenia, jest stosunek powierzchni okien w pomiesz-*

czeniu do powierzchni jego podłogi. Polska ustawa budowlana przewiduje, że dla pomieszczeń mieszkalnych stosunek ten powinien wynosić co najmniej 1:10, brak jest natomiast ściślejszych norm w tym zakresie dla pomieszczeń przemysłowych. Przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy (rozp. z dn. 6.XI.1946, Dz. U. R. P. nr 62, poz. 344) przewidują wprawdzie powiększenie tego stosunku w zależności od potrzeb pracy wykonywanej w pomieszczeniu, nie dają jednak żadnych bliższych wytycznych. W innych krajach normalizacja urządzeń oświetlenia dziennego jest znacznie bardziej rozwinięta i ulegała już kilkakrotnym zmianom z postępem teorii i techniki oświetleniowej.

Dawniejsze — dziś już nieobowiązujące przepisy Związku Radzieckiego — wymagały, by omawiany stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi, w zależności od charakteru prac wykonywanych w pomieszczeniu, wynosił co najmniej:

przy robotach grubych	10%
„ „ „średnich	12,5 — 15%
„ „ „drobnych	17,5 — 20%

Za roboty drobne uważa się takie, które wymagają oceny wzrokowej przedmiotów lub ich części o wymiarach ułamka milimetra, przez średnie zaś rozumie się takie roboty, przy których wymagana jest ocena wymiarów rzędu części centymetra (kilku milimetrów).

W praktyce okazało się jednak, że tak ustalona norma oświetleniowa nie jest wystarczająca, bowiem jasność w pomieszczeniu zależy nie tylko od wymiarów okien, ale też od szeregu innych czynników, jak strona świata, w którą są zwrócone okna, położenie i wysokość budynków sąsiednich i drzew zmniejszających dopływ światła do pomieszczeń, typ okien (pojedyncze, czy podwójne), rodzaj oszklenia (szyby przezroczyste, matowe lub wzorzyste) oraz jasność ścian i sufitów. Z uwagi na te czynniki, nowoczesne przepisy oświetleniowe w Związku Radzieckim

wprowadzają inne kryterium dobroci oświetlenia światłem dziennym, mianowicie tzw. *współczynnik oświetlenia dziennego*. Współczynnik ten określa się stosunkiem jasności panującej na płaszczyźnie pracy do jasności poziomej, panującej w tym czasie na wolnej przestrzeni w rozproszonym świetle słonecznym. Przez *jasność poziomą* rozumie się jasność panującą na płaszczyźnie poziomej. Współczynnik ten wyraża się wzorem:

$$e = \frac{E_w}{E_z} \dots \dots \dots (1)$$

w którym E_w oznacza jasność na poziomie pracy w określonym punkcie pomieszczenia, E_z zaś — poziomą jasność zewnętrzną.

O wschodzie i zachodzie słońca pomiary na wolnej przestrzeni wykazują jasność 100 do 500 luksów, jasność w południe zależy od pory roku wynosi od kilku tysięcy do kilkudziesięciu tysięcy luksów (rys. 9). Te tak znaczne wahania jasności dziennej odczuwa jednak oko tylko wtedy, gdy są nagłe i duże. Na ogół oświetlenie dzienne jest wolne od silnych kontrastów, a zmiany są tak powolne, że oczy nie są narażone z tego względu na szkodliwe działanie. Niestalość oświetlenia dziennego odgrywa dopiero wtedy rolę, gdy jasność spada poniżej wartości potrzebnej do wykonywania pracy.

W pomieszczeniach fabrycznych nie chodzi o to, by panowała w nich pewna określona stała jasność, ale aby nie spadała ona poniżej wartości wymaganej do wykonywania pracy. Dla określenia zatem wielkości współczynnika oświetlenia dziennego miarodajna jest nie przeciętna jasność w ciągu dnia, lecz pewna przyjęta wielkość, która by zapewniła wystarczającą jasność przez jak największą część dnia pracy we wszystkich porach roku. Jako jasność zewnętrzną dla określenia wielkości współczynnika oświetlenia dziennego przyjęto zarówno w Związku Radzieckim, jak i w krajach zachodnich 3.000 luksów, odpowiadającą w przybliżeniu średniej jasności w godzinach przedpołudniowych w chmurne dni grudniowe.

Normy radzieckie — kierując się zasadą, że jasność przy ro-

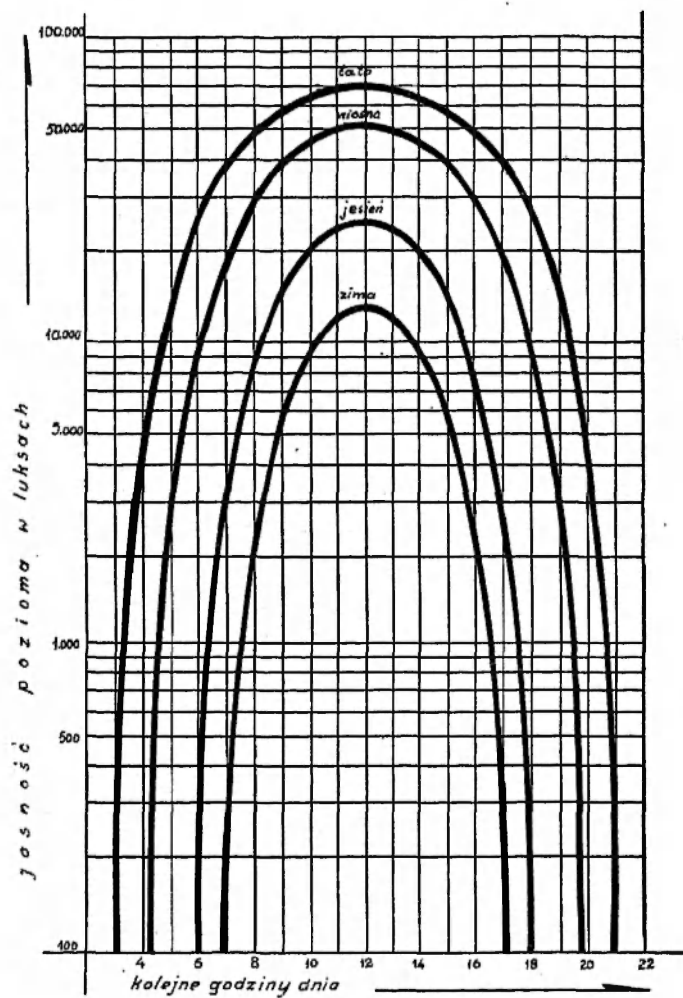
botach grubych nie powinna spadać w najgorszych warunkach poniżej 15 luksów, przy średnich poniżej 30 luksów, przy drobnych zaś poniżej 45 luksów — przewidują dla oświetlenia bocznego następujące minimalne wartości współczynnika oświetlenia dziennego:

przy robotach grubych	0,005
„ „ „średnich	0,010
„ „ „drobnych	0,015

Mogłoby się na pierwszy rzut oka wydawać, że podane wyżej normy są zanadto skąpe. Tak np. wymaganie jasności w pomieszczeniu równej tylko 1/100-ej jasności zewnętrznej może się wydać za niskie, szczególnie w miesiącach zimowych. Że tak nie jest przekona nas proste obliczenie: jasność zewnętrzna w chmurne dni grudniowe wynosi 1.000 do 5.000 luksów; przy zastosowaniu powyższych norm dla najciemniejszych miejsc w pomieszczeniu (gdzie w zasadzie nie powinna się odbywać praca) wypada jasność 10 do 50 luksów. Nadmienić należy, że jasność 50 luksów przy tak równomiernym oświetleniu, jakie daje światło dzienne, jest całkowicie wystarczająca do wykonywania prac dość dokładnych (drobnych).

Mogłaby również — przez przeciwstawienie — przy stosowaniu tych norm zachodzić druga obawa, a mianowicie nadmiaru światła, szczególnie w letnie południa, w tej porze bowiem jasność zewnętrzna może dochodzić do 150.000 luksów. Dla omawianego pomieszczenia wypadłaby zatem w najciemniejszych miejscach jasność do 1.000 luksów, a bliżej okna nawet kilka tysięcy luksów i więcej. Jest to już jasność stosunkowo wysoka i mogłaby być szkodliwa dla wzroku, szczególnie, gdyby na powierzchnię obserwowaną podczas pracy, padały bezpośrednie promienie słoneczne. W tym przypadku jest stosunkowo łatwo zapobiec nadmiarowi światła przez stosowanie odpowiednich zasłon okiennych, rozpraszających promienie słoneczne i zatrzymujących ich nadmiar. Jeżeli do pomieszczenia nie wpadają bezpośrednie promienie słoneczne, to otrzy-

muje ono oświetlenie bardzo równomierne, a przy takim oświetleniu oko przystosowuje się do tak niskich i do tak wysokich



Rys. 9.
przedstawia zmianę jasności średnich w ciągu dnia dla
poszczególnych pór roku.

jasności, jakich by nie zniosło w przypadku oświetlenia nierównomiernego.

Jak już zaznaczono, ilość światła doprowadzana przez otwory okienne do wnętrza, a więc i wielkość współczynnika oświetlenia dziennego, zależy nie tylko od stosunku powierzchni okien do powierzchni podłogi, ale też od strat świetlnych wynikających z tego, że szyby w oknach nie są idealnie przezroczyste, oraz że część światła pochłaniają ramy okienne i szczeliny (szprosy). Jeżeli budynek stoi na placu zabudowanym, zachodzą dodatkowe straty światła spowodowane niedopuszczeniem części światła przez budynki sąsiednie. Rozważania powyższe można ująć w następujący wzór, służący do określenia wielkości współczynnika oświetlenia na podstawie danych warunków budowlanych:

$$e = e_w \times e_s \times e_d \quad \dots \dots \dots (2)$$

We wzorze tym e_w oznacza stosunek powierzchni otworów okiennych do powierzchni podłogi, e_s — współczynnik przepuszczania światła, zaś e_d — współczynnik doprowadzenia światła.

Na wielkość *współczynnika przepuszczania światła* wpływają straty wynikające z niezupełnej przezroczystości szyb, które wynoszą przeciętnie ok. 10% strumienia świetlnego dla okien pojedynczych, 20% — dla okien podwójnych. Zaciemnienie ramami i szczelinami drewnianymi zabiera ok. 35% światła przy oknach pojedynczych, do 50% przy oknach podwójnych. Do tego dochodzą jeszcze straty wskutek zabrudzenia szyb, które przyjmuje się zazwyczaj na ok. 10%. Przy takich przybliżonych założeniach współczynnik przepuszczania światła wynosi około: *)

przy oszkleniu pojedynczym	0,40
„ „ podwójnym	0,25

*) Dane te dotyczą szyb przezroczystych; dla szyb matowych, desenio-
wych i ze szkła zbrojonego — straty strumienia świetlnego są o ok. 50%
większe.

Współczynnik doprowadzenia światła dla budynków wolno stojących przy zastosowaniu oświetlenia bocznego wynosi 0,5, gdyż przy oświetleniu przez szyby pionowe dochodzi do pomieszczenia światło tylko od połowy półkuli niebieskiej. Dla budynków stojących na placach zabudowanych, współczynnik ten jest odpowiednio mniejszy. Wielkość tego współczynnika w zależności od stosunku różnicy wysokości budynku sąsiedniego (W_s) i wysokości środka otworu okiennego nad terenem (W_o) do odległości między budynkami (L_s) przedstawia poniższa tabelka:

Tabl. 1

$\frac{W_s - W_o}{L_s}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	2,0
e_d	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

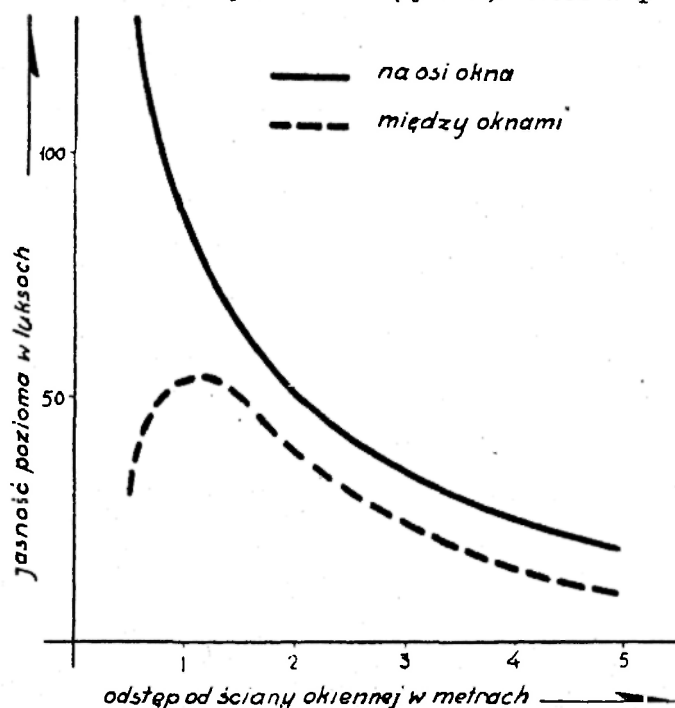
Mając w ten sposób określony współczynnik oświetlenia dziennego dla danego pomieszczenia, łatwo jest sprawdzić, jak dalece odbiega on od podanych wyżej norm.

Zaznaczyć należy, że przy oświetleniu bocznym dość znaczny wpływ na jasność w pomieszczeniu wywierają również promienie odbite od sufitów i ścian. Toteż przy porównaniu z normami obliczonymi na podstawie omówionych założeń współczynnik oświetlenia dziennego należy odpowiednio powiększyć: przy średnio jasnych sufitach i ścianach o 10 do 15%, przy jasnych sufitach i ścianach o 15 do 20%.

Jednak nawet obliczony z tymi poprawkami współczynnik oświetlenia służy do określenia jasności średniej w najciemniejszych miejscach pomieszczenia, natomiast jasność rzeczywista w różnych punktach pomieszczenia może znacznie odbiegać od tej wartości.

Jak wiadomo z doświadczenia, jasność w pomieszczeniach o oświetleniu bocznym spada dość silnie w miarę oddalania się

od otworów okiennych (rys. 10). Szczególnie silnie zaznacza się to zjawisko w pomieszczeniach o ciemnych ścianach i sufitach oraz nisko umieszczonych oknach (rys. 11). Toteż w pomiesz-

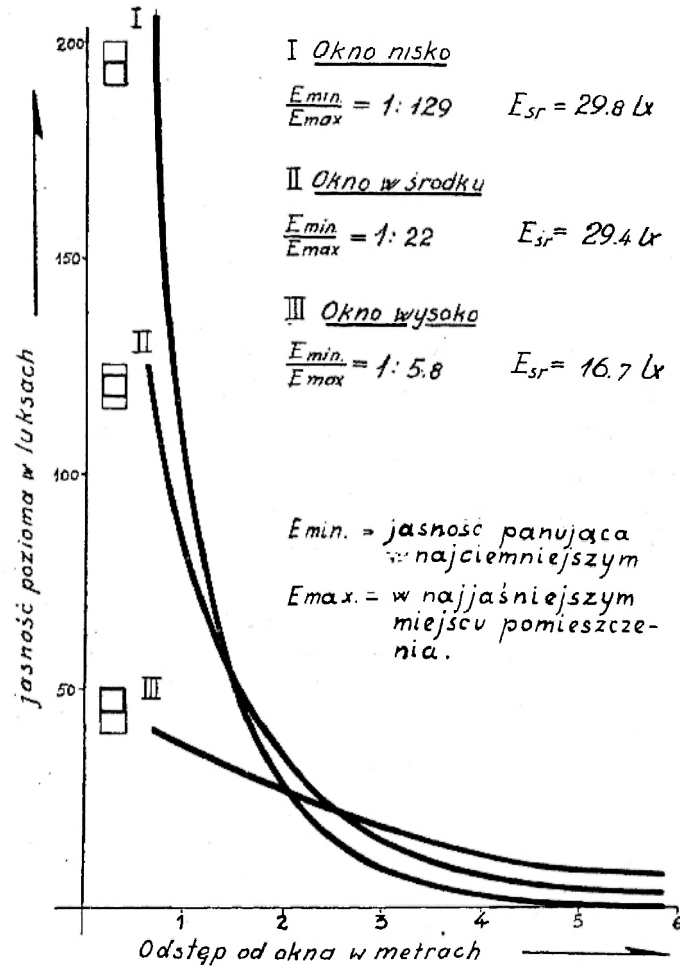


Rys. 10
przedstawia przebieg zmian jasności ze wzrastającą odległością od okien.

zczeniach głębszych może się okazać, że oświetlenie zaprojektowane na podstawie współczynnika oświetlenia dziennego w bliższych okien partiach pomieszczenia da się lepiej wykorzystać niżby to wynikało z obliczonego współczynnika.

Z tego względu, normy radzieckie wprowadzają nowe pojęcie do teorii oświetlenia bocznego, a mianowicie *współczynnik świetlny głębokości stanowisk pracy*, mający na celu określenie

jasności w różnych punktach pomieszczeń. Dzięki wprowadzeniu tego współczynnika można ocenić przy oświetleniu bocznym



Rys 11 przedstawia zależność jasności od umieszczenia okien oraz odległości od nich.

jakiemu zakresowi prac odpowiadają poszczególne partie pomieszczeń¹⁴⁾.

Zadaniem tego współczynnika jest określenie odległości miejsc roboczych od otworów okiennych w zależności od rodzaju prac i typu okien. Współczynnik ten wyraża się wzorem:

$$k = \frac{L}{W} \dots \dots \dots (3)$$

We wzorze tym L oznacza odległość miejsca pracy od otworu okiennego, zaś W — wysokość górnej krawędzi okna nad poziomem pracy, który to poziom przyjmuje się zazwyczaj na wysokości 1 m nad podłogą.

Wielkość tego współczynnika w zależności od typu okien, oszklenia, oraz od rodzaju robót, podaje poniższa tabelka:

Tabl. 2

T Y P O K N A	Typ oszklenia	R o d z a j r o b ó t		
		grube	średnie	drobne
Pas świetlny pełny *) (bez przerw międzyokiennych). .	pojedyncze	6,4	5,0	4,0
Pas świetlny pełny (bez przerw międzyokiennych)	podwójne	5,0	4,0	3,1
Szerokość ściany międzyokiennej, równa szerokości okna.	pojedyncze	4,1	3,4	2,8
Szerokość ściany międzyokiennej, równa szerokości okna.	podwójne	3,6	2,5	2,1

¹⁴⁾ Kowalew A. P. — j. w. pod 4) na str. 23.

*) Przez pas świetlny pełny rozumie się oszklony otwór poziomy wzdłuż całej ściany.

Zależnie od szerokości ściany między oknami odpowiedni współczynnik świetlny głębokości oblicza się ze wzoru:

$$k = k_1 - 2 \frac{a}{b} (k_1 - k_2) \dots \dots \dots (4)$$

We wzorze tym oznaczają:

k_1 — dopuszczalny współczynnik głębokości przy pełnym pasie świetlnym (z powyższej tabelki),

k_2 — dopuszczalny współczynnik głębokości przy oknach ze ścianami międzyokiennymi, równymi szerokości okna (z powyższej tabelki).

a — szerokość ściany międzyokiennej,

b — odległość między osiami okien.

Podana tabelka współczynników świetlnych głębokości obowiązuje tylko dla budynków wolno stojących, toteż w przypadku korzystania z niej przy obliczaniu oświetlenia budynków na placach zabudowanych, należy wprowadzić odpowiednie poprawki, korzystając z podanej wyżej tabelki współczynników doprowadzenia światła (tabl. 1). Podobnie należy uwzględnić poprawki ze względu na jasność ścian i sufitów, gdyż podane w tabelce współczynniki świetlne głębokości są ustalone dla warunków przeciętnych, a więc dla średnio jasnych ścian i sufitów. Trudno jest podać jakieś konkretne liczby dla tej ostatniej poprawki, gdyż promienie odbite od sufitów i ścian posiadają znacznie większy wpływ na jasność w dalszych partiach pomieszczenia, niż przy oknach. Przeciętnie przyjąć można współczynnik poprawczy dla jasnych ścian i sufitów od 1,1 do 1,2, przy czym wartość górną należy stosować do głębszych partii pomieszczenia.

Sprawę zastosowania podanych wzorów i tabel do obliczeń oświetleniowych wyjaśni najlepiej podany poniżej przykład.

P r z y k ł a d:

Dane jest pomieszczenie o wymiarach $15\text{m} \times 8\text{m} = 120\text{ m}^2$.

W ścianie dłuższej znajduje się 5 okien o wymiarach

$1,5 \text{ m} \times 2,4 = 3,6 \text{ m}^2$. Okna są podwójnie oszklone, a szerokość ściany między oknami wynosi 1,1 m. Sufity są jasne. Pomieszczenie znajduje się na parterze, a okna jego wychodzą na budynek znajdujący się w odległości 12 m (L_s) którego wysokość wynosi ok. 15 m (W_s)

Zadanie: określić do jakich robót nadaje się to pomieszczenie.

Stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi wynosi: $e_w = (15 \times 3,6) : 120 = 0,15$. Stosunek ten wypadł dosyć duży i według dawniejszych norm można by uznać pomieszczenie za nadające się do prac średnich. Wiemy jednak, że obliczenie takie nie jest wystarczające, nie uwzględnia bowiem ani strat oszklenia, ani zaciemnienia od budynków sąsiednich, ani jasności ścian i sufitów, ani też spadku jasności ze wzrostem odległości od okien.

Lepiej orientującym wskaźnikiem jest współczynnik oświetlenia dziennego, podany wzorem (2):

Jak już wyżej zaznaczono, współczynnik strat przepuszczania światła w warunkach przeciętnych wynosi ok. $e_s = 0,25$ dla okien podwójnie szklonych. Współczynnik doprowadzenia światła znajdujemy w tabelce 1 po obliczeniu stosunku ($W_s - W_o$): L_s . Stosunek ten wynosi: $(15 - 3) : 12 = 1,0$, gdyż teren ulicy przebiega ok. 1 m niżej poziomu podłogi, a parapet okna znajduje się ok. 1 m nad podłogą, zatem wysokość środka okna nad terenem można przyjąć 3 m. Dla stosunku równego 1,0 znajdujemy w tabelce 1, $e_d = 0,15$.

Podstawiając otrzymane wartości we wzór (2) otrzymamy wielkość współczynnika oświetlenia dziennego $e = 0,15 \times 0,25 \times 0,15 = 0,0056$. Jest to wartość większa od 0,005, jaką przewiduje się dla robót grubych, mniejsza zaś od 0,01 przewidzianej dla prac średnich. Współczynnik ten wskazuje zatem, że pomieszczenie to nadaje się częściowo dla prac grubych, częściowo dla średnich. Aby ocenić w ja-

kim stopniu pomieszczenie nadaje się dla prac średnich. obliczmy odpowiedni współczynnik głębokości na podstawie tabelki (2) i wzoru (4).

Dla prac średnich przy oszkleniu podwójnym: $k_1 = 4,0$, $k_2 = 2,5$ (wartości z tabeli 2).

Szerokość ściany między oknami wynosi $a = 1,1$ m.

Odległość między osiami okien wynosi $b = 1,5$ m + $1,1$ m = $2,6$ m.

Po podstawieniu tych wartości we wzorze (4) otrzymujemy: $k = 4,0 - 2 \cdot (1,1 : 2,6) \times (4,0 - 2,5) = 2,73$. Ponieważ pomieszczenie posiada jasny sufit i średnio jasne ściany, wprowadzimy czynnik korekcyjny 1,15. Poprawiona wartość współczynnika świetlnego głębokości wynosi zatem: $k = 1,15 \times 2,73 = 3,14$. Poprawiony współczynnik nie uwzględnia jednak zaciemnienia budynkiem sąsiednim, należy go zatem odpowiednio zmniejszyć, posilkując się tabelką 1, mianowicie trzeba zmniejszyć współczynnik w stosunku $0,15 : 0,5 = 0,3$.

Ostatecznie współczynnik świetlny głębokości wynosi $k = 0,3 \times 3,14 = 0,94$. Podstawiając tę wartość w przekształcony wzór (3) otrzymamy $L = k \cdot W = 0,94 \times 2,4 = 2,3$ m. Wskazuje to, że zasadniczo prace średnie nie powinny się odbywać w większej odległości od okna, niż 2,3 m.

W taki sposób dzięki współczynnikowi świetlnemu głębokości możemy pomieszczenie podzielić na strefy jasności i przez odpowiednie rozmieszczenie stanowisk pracy jak najlepiej wykorzystać oświetlenie.

Oczywiście, obliczenie takie może służyć tylko celom orientacyjnym, gdyż posługuje się przybliżonymi wartościami przeciętnymi współczynników, które mogą w znacznej mierze odbiegać od wartości wynikających z warunków rzeczywistych. Tak np. współczynnik przepuszczania światła może wykazywać duże odchylenia w zależności od konstrukcji okien oraz w związku z zabrudzeniem szyb. Straty

związane z nieczystością szyb określiliśmy w przybliżeniu na 10% dla oszklenia pojedynczego, w rzeczywistości mogą one jednak przekroczyć w niedługim czasie i 50%, zwłaszcza przy niesystematycznym czyszczeniu szyb. Podobne wahania mogą wykazywać straty wynikające z braku częstego czyszczenia sufitów i ścian. Na jasność w pomieszczeniu wywiera również dość znaczny wpływ barwa wyprawy budynków sąsiednich oraz stan zadrzewienia, wpływ ten jednak jest bardzo trudny do ujęcia w jakiegokolwiek wzory liczbowe.

Mimo tych trudności istnieją metody obliczeniowe, które pozwalają znacznie precyzyjniej określić jasność w pomieszczeniach, niż podane wyżej uproszczone wzory, wymagają jednak uciążliwych rachunków i posługują się często wyższą matematyką, toteż nie mogły być przedmiotem niniejszego krótkiego rozdziału, którego głównym zadaniem jest podać najprostsze metody obliczeniowe dla celów orientacyjnych, celem sprawdzenia czy oświetlenie w danym pomieszczeniu jest wystarczające dla wykonywanych tam prac oraz wskazania możliwości ewentualnego przemieszczania stanowisk pracy w celu jak najlepszego wykorzystania pod względem oświetleniowym.

3. OŚWIETLENIE GÓRNE ¹⁸⁾

Przy oświetleniu górnym światło doprowadza się do pomieszczeń przez *świetliki* umieszczone w dachu budynku. Potrzebną powierzchnię świetlików oblicza się podobnie jak powierzchnię okien przy oświetleniu bocznym, jednak współczynnik oświetlenia dziennego przyjmuje się znacznie większy. Tak np. wg norm radzieckich współczynnik ten powinien wynosić:

¹⁸⁾ Rysunki do tego rozdziału pochodzą ze zbiorów Wzorcowni Urządzeń Bezpieczeństwa i Higieny Pracy.

przy robotach grubych	0,02 do 0,03
„ „ średnich	0,03 do 0,05
„ „ drobnych	0,05 do 0,07

Współczynnik przepuszczania światła e_s przyjmuje się na podstawie praktyki dla szyb matowych lub zbrojonych:

przy oszkleniu pojedynczym	0,50
„ „ podwójnym	0,33

Współczynnik doprowadzenia światła e_a przyjmuje się dla świetlików pionowych podobnie jak dla okien, natomiast przy nachyleniu do poziomu mniejszym niż 90% należy współczynnik odpowiednio zwiększyć przez zastosowanie następujących mnożników:

przy nachyleniu świetlika 60°	1,0
„ „ „ 45°	1,1
„ „ „ 30°	1,3
„ „ „ 0°	1,8

W mnożnikach tych uwzględniono z jednej strony to, że świetliki mało nachylone do poziomu przepuszczają więcej światła, z drugiej zaś, że kurz na nich łatwiej się utrzymuje.

Wśród różnych typów świetlików najprostszym rozwiązaniem konstrukcyjnym nasuwającym się samo przez się, jest doprowadzenie światła przez *dach oszklony*. Ze stanowiska teorii oświetlenia rozwiązanie takie należy uważać prawie za idealne zwłaszcza w dni pochmurne, gdyż charakter oświetlenia uzyskanego w ten sposób posiada prawie wszystkie cechy oświetlenia naturalnego, do których przywykły nasze oczy.

Oświetlenie takie równomiernością przypomina warunki zewnętrzne, ustępuje natomiast jasności na wolnej przestrzeni. Pewna nierównomierność oświetlenia tym systemem występuje o wschodzie i zachodzie słońca, kiedy ukośnie padające promienie nie mogą bezpośrednio dotrzeć do wnętrza hali.

Obok przedstawionych powyżej zalet tego typu oświetlenia występują jednak również i wady, które w wysokim stopniu

ograniczają jego stosowanie do oświetlania hal fabrycznych. Główną wadą tego systemu jest wydatne nagrzewanie hal w porze letniej wskutek bezpośredniego nasświetlania promieniami słonecznymi. Działanie takich promieni jest szkodliwe dla wzroku oraz utrudnia widzenie wskutek tworzenia się silnych kontrastów i odblasków olśniewających oczy. Aby tego uniknąć używa się do szklenia takich dachów szkła matowego lub wzorzystego, lecz w związku z tym traci się wiele cennego światła pochłanianego przez szyby tego rodzaju. Podkreślić należy, że szkło takie nie chroni jednak przed wyziębianiem hal wskutek wypromieniowywania ciepła w miesiącach zimowych. Prócz tego zachodzą przy tym systemie dodatkowe znaczne straty ciepłe w następstwie wad uszczelnienia przy dużych płaszczyznach szklonych.

Inną wielką wadą tego rodzaju konstrukcji oświetleniowej jest łatwość kondensacji pary i osadzania się kurzu na szybach, co wybitnie zmniejsza ich przepuszczalność dla światła. Szczególnie łatwo osadza się kurz na szybach słabo nachylonych do poziomu, matowych, lub wzorzystych. Osadzanie się warstw śniegu na szybach wymaga odpowiednio grubego szkła zbrojonego, co dodatkowo wpływa na zmniejszenie jasności w hali. Również oczyszczanie szyb na dachach szklonych nastęrcza znaczne trudności.

Wady te występują w znacznie mniejszym stopniu w systemie *latarniowym*. Płaszczyzny świetlne, umieszczone na dachu równoległe do osi wzdłużnej budynku o szybach prostopadłych do poziomu, dostarczają wprawdzie mniej światła, niż dach szklony o tej samej powierzchni szyb, strata ta jest jednak w dużej mierze skompensowana tym, że świetliki te można szklić szybami cieńszymi, niezbrojonymi i niematomymi, ponieważ możliwość bezpośredniego dostawania się promieni słonecznych do wnętrza hali jest wydatnie ograniczona. Również i kondensacja pary oraz osadzanie się kurzu na szybach występuje tu w słabszym stopniu, niż przy dachach płasko szklonych.

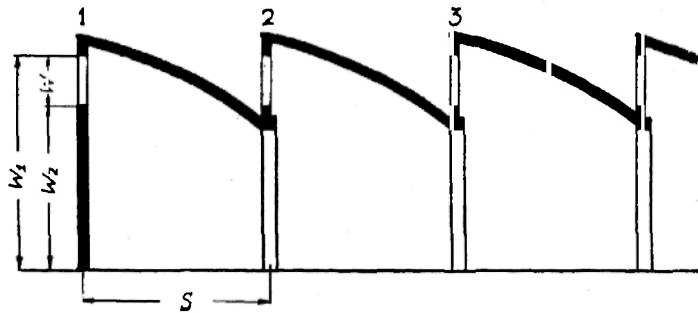
Można również spotkać latarnie tego typu o płaszczyznach świetlnych prostopadłych do osi wzdłużnej hali, lecz systemu tego należy w zasadzie unikać, gdyż nie dając lepszych warunków świetlnych niż latarnie wzdłużne, nastęrcza on trudności pod względem konstrukcyjnym, jak również ze stanowiska estetyki architektonicznej nie jest bez zarzutu.

Spotyka się również latarnie o szybach ukośnych a nie prostopadłych do poziomu, czyli tzw. *świetliki trapezowe*, które wprawdzie dostarczają więcej światła niż latarnie proste o tej samej powierzchni oszklenia, ale też możliwość naświetlenia promieniami bezpośrednimi jest tu większa, a równomierność oświetlenia mniejsza.

Stosunkowa taniość konstrukcji oraz szereg omówionych wyżej zalet natury praktycznej stawiałyby typ oświetlenia latarniowego przed innymi — niestety — mała ilość światła doprowadzanego w stosunku do powierzchni oszklenia ogranicza jego zastosowanie. W każdym razie typ ten należy stosować przede wszystkim w przypadkach, gdy w ścianach bocznych budynków nie można umieścić dodatkowych pasów świetlnych względnie okien, lub też gdy chodzi o oświetlenie hal niezwykle szerokich w stosunku do ich wysokości. Typ ten można także zalecać dla pomieszczeń, w których wytwarza się wielu pyłu lub spalin. Podkreślić należy, że świetliki tego rodzaju znacznie ułatwiają naturalną wymianę powietrza.

Nowoczesne budynki fabryczne bywają coraz częściej oświetlane przez tzw. *dachy szedowe* (pilaste, grzebieniaste, schodowe) przedstawione na rys. 12. Dawniejsza konstrukcja dachów tego rodzaju wymagała wiele żelaza lub drewna. Obecna konstrukcja, zastępująca strop płaski powierzchnią o kształcie wyćinka walca, obok korzyści wynikających ze zmniejszenia ilości potrzebnych materiałów, pozwala na gładką wyprawę sufitów, gdyż eliminuje żebra wzmacniające, które istniały w dawniejszych konstrukcjach. Stropy takie dobrze odbijają i rozpraszają

światło oraz nie nasuwają zastrzeżeń ze stanowiska estetyki architektonicznej.



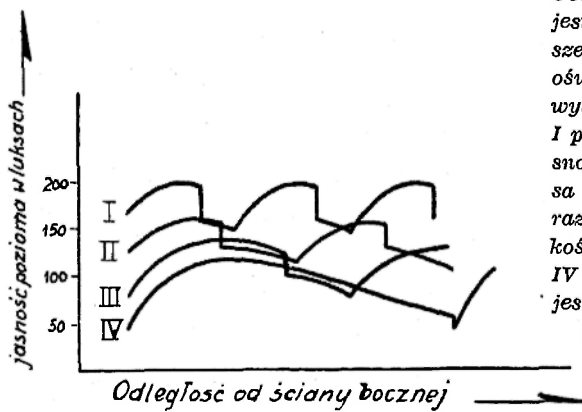
Rys. 12.

Właściwie zaprojektowane świetliki szedowe skierowane ku północy zalicza się do najlepszych rozwiązań oświetlenia hal fabrycznych światłem dziennym.

Świetliki szedowe posiadają oszklenie prostopadłe lub ukośne do poziomu, skierowane zazwyczaj ku północy, by w ten sposób ograniczyć działanie bezpośrednich promieni słonecznych oraz aby uniknąć dużych wahań jasności w ciągu dnia.

Rys. 13.

Oświetlenie hal szedami jest tym równomiej, szcze im węższe są pasy oświetlane w stosunku do wysokości hali. Krzywa I przedstawia rozkład jasności, gdy szerokość pasa oświetlanego jest dwa razy mniejsza od wysokości hali, krzywa zaś IV gdy szerokość pasa jest 1,5-krotnie większa od wysokości hali.



Jasności pochodzące od poszczególnych świetlików dodają się, wyrównując w ten sposób nierównomierność oświetlenia, jaką stwarzałyby tylko jeden świetlik, co ilustruje rys. 13¹⁹⁾.

Krzywa dolna (IV) obrazuje jasność przy jednym świetliku, krzywa górna (I) — przy trzech świetlikach, przy czym w obu przypadkach szerokość pasa oświetlonego przez świetliki jest jednakowa.

Przeciętne jasności (roczne) obliczone za pomocą odpowiednich wzorów i wykresów, w zależności od stosunku $w_1 : s$, podaje poniższa tabelka:

Tabl. 3

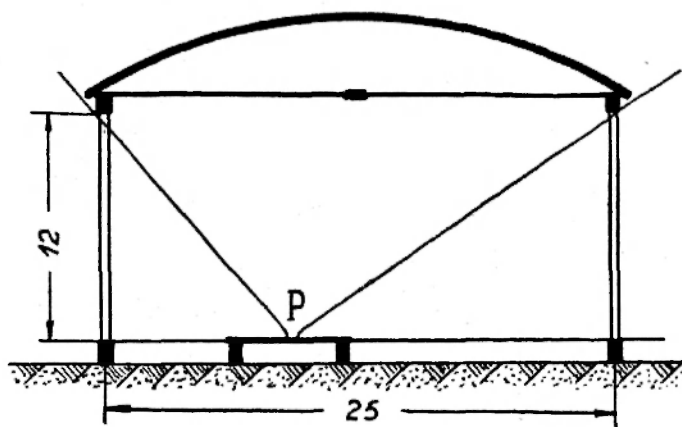
Odstęp więzarów $W_1 : S$	Jasność w luksach		Równomierność	
	E max	E min	E min	E max
0,7	205	155	0,76	
1,0	170	115	0,68	
1,5	140	80	0,57	
2,0	125	55	0,44	

Jasność w środkowej części hali jest zawsze większa, niż przy ścianach czołowych. W przypadku, kiedy ściany i sufity są jasne, rozkład jasności w hali jest bardziej równomierny, niż to przedstawia rys. 13. Celem uzyskania możliwie jak największej równomierności oświetlenia należy dążyć do tego, aby odstęp więzarów określony stosunkiem $w_1 : s$ był jak najmniejszy; jeżeli wysokość pasa świetlnego w wynosi nie więcej niż 30 do 35% wysokości hali w_1 , to celem zachowania równomierności wystarczającej do wykonywania prac najczęściej spotykanych w przemyśle, stosunek $w_1 : s$ nie powinien być większy niż 1,5.

Świetliki szedowe posiadają jeszcze tę wadę (która zresztą czasem jest cechą pożądaną), że jasność oświetlenia na płasz-

¹⁹⁾ Koch Dr. Ing. — Tagesbeleuchtung in Arbeitsräumen — Reichsarbeitsblatt, Nr. 26/1943.

czynach pionowych zależy od ich ustawienia w stosunku do świetlików; oświetlenie jednej strony może być znacznie intensywniejsze od oświetlenia drugiej strony tej samej płaszczyzny zależnie od miejsca w hali, w którym się ona znajduje oraz od kierunku jej ustawienia. Przy szedowym systemie oświetlenia należy zwracać uwagę na takie rozmieszczenie stanowisk pracy i takie ustawienie maszyn, aby cienie własne i rzucone nie przeszkadzały w pracy.



dlugość hali 100 m.

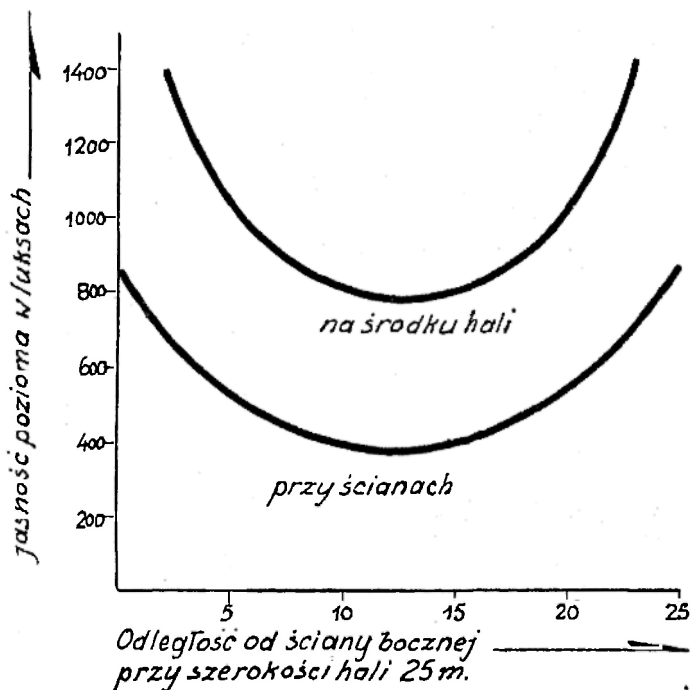
Rys. 14.

W halach fabrycznych niezbyt szerokich całkowite oszklenie obu ścian wzdłużnych budynku stwarza oświetlenie dość równomierne (por. rys. 15).

Specjalny typ oświetlenia stanowi *system całkowitego oszklenia ścian bocznych* (rys. 14). Takie olbrzymie płaszczyzny świetlne stwarzają wprawdzie bardzo wysoką jasność w pomieszczeniach, ale też i nierównomierność oświetlenia jest przy tym dość znaczna zwłaszcza w szerokich halach.

Jak widać z wykresu na rys. 15, jasność przy ścianach czołowych jest prawie o połowę mniejsza, niż w środkowej części

hali. Dla poprawienia równomierności oświetlenia jest zatem wskazane umieszczać również w ścianach czołowych pasy świetlne lub okna, byleby niezbyt wysoko położone.



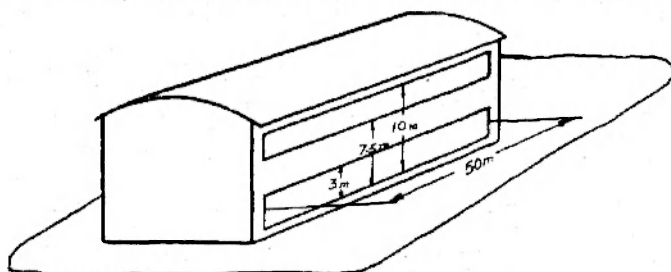
Rys. 15.

Rozkład jasności w poprzek hali o całkowicie oszklonych ścianach wzdłużnych (por. rys. 14). Jasność spada w kierunku ścian czołowych (gdzie nie ma okien).

Największą wadą hal o szklonych ścianach są nieproporcjonalnie duże straty ciepłe spowodowane wypromieniowaniem ciepła i wydostawaniem się ciepłego powietrza przez nieszczelności, skutkiem czego ogrzanie takich hal w zimie staje się trudnym problemem. Zużycie węgla i koszty inwestycji dużych instalacji grzewczych są to czynniki obecnie tak ważne, że

ten typ oświetlenia dla znakomitej większości pomieszczeń fabrycznych należy uważać w dzisiejszych warunkach za nieekonomiczny.

Aby zapobiec tak znacznym stratom cieplnym stosuje się częściej w ścianach bocznych budynków węższe pasy świetlne.

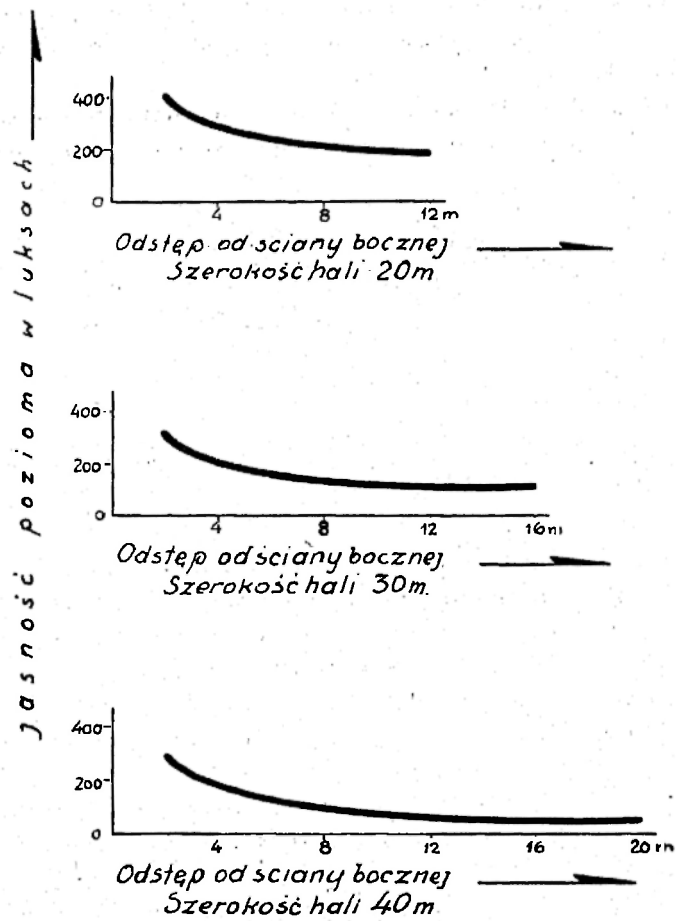


Rys. 16. Hala o dwu pasach oszklonych w ścianach bocznych budynku. Pas górny łagodzi nierównomierność oświetlenia, jakie stwarza pas dolny.

Sposób ten przedstawiony na rys. 16 umożliwia uzyskanie wystarczającej jasności dla większości prac spotykanych w przemyśle, stwarza przy tym dość równomierny rozkład jasności w całym pomieszczeniu. Warunku tego nie spełniają wysokie i wąskie pasy świetlne, gdyż wytwarzają dużą jasność w pobliżu otworów świetlnych, natomiast miejsca położone między otworami są znacznie słabiej oświetlone.

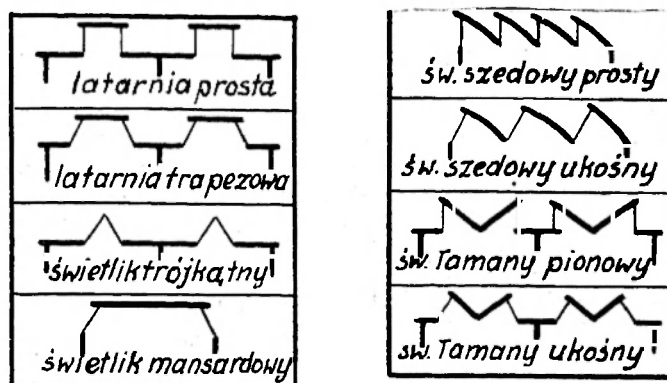
Rys. 17 podaje wykresy rozkładu jasności w hali przedstawionej na rys. 16, zależnie od szerokości hali. Wykresy te wykazują, że nierównomierność oświetlenia wzrasta w miarę zwiększania szerokości hali. Aby zapewnić lepszą równomierność w halach szerokich należy dążyć do wysokich, górnych pasów świetlnych.

W krótkim rozdziale nie ma możliwości wyczerpującego omówienia wszystkich stosowanych systemów oświetlenia hal fabrycznych. Poniżej podajemy tabelaryczne zestawienia (tab. 4) różnych typów świetlików, stanowiące pewne uzupełnienie i rekapitulację tego, co zostało dotychczas powiedziane.



Rys. 17

przedstawia przebieg zmian jasności oświetlenia w poprzek hal o różnej szerokości; aczkolwiek średnia jasność jest we wszystkich trzech przypadkach jednako-
wa (przy jednakowym stosunku powierzchni okien do powierzchni podłogi), to nierównomierność oświetlenia w hali najszerszej jest największa, w hali najwęższej—
najmniejsza.



Rys. 18
 przedstawia schematy konstrukcji świetlików, których nazwy podano poniżej w tabelkach 4a i 4b (Zalety świetlików i wady świetlików).

Tab. 4a (Zalety świetlików)

Typy świetlików (kształt i nazwa)	Jasność oświetlenia	Równomier- ność oświe- tlenia	Wentylacja naturalna	Wygoda otwierania	Możliwość oczyszczania	Wodoszczel- ność
latarnia prosta	3	1	1	1	1	1
latarnia trapezowa	2	1	2	2	2	2
świetlik trójkątny	1	4	3	4	4	4
świetlik mansardowy	1	3	3	2	3	2
świetlik szedowy prosty	4	2	4	3	2	3
świetlik szedowy ukośny	4	3	4	4	4	4
świetlik łamany pionowy	3	2	1	1	1	1
świetlik łamany ukośny	2	4	2	3	3	3

Tab. 4b (Wady świetlików)

Typy świetlików (kształt i nazwa)	Insolacja *)	Straty cieplne	Zabrudzenie szymb	Kondensa- cja pary	Gromadze- nie się śniegu	Tłuczenie się szymb	Koszt budowy
latarnia prosta	3	4	3	4	2	4	1
latarnia trapezowa	2	3	2	1	3	2	3
świetlik trójkątny	1	1	1	1	4	1	4
świetlik mansardowy	1	1	1	3	4	1	4
świetlik szedowy prosty	4	4	4	4	1	4	3
świetlik szedowy ukośny	4	2	3	2	1	2	2
świetlik łamany pionowy	3	3	4	3	2	3	1
świetlik łamany ukośny	2	2	2	2	3	3	2

Zestawienie to obejmuje osiem najpowszechniej spotykanych typów świetlików, a zadaniem jego jest określenie ich zalet i wad. Starano się porównać zalety i wady przez przywiązanie do poszczególnych cech odpowiednich liczb, przy czym liczba 1 ma charakteryzować największe zalety, lub największe wady, dalsze liczby 2 do 4 mają oznaczać, w jakiej kolejności zmniejszają się te zalety lub wady.

Najwięcej światła doprowadzają *dachy szklone*, toteż największe wartości *średniej jasności oświetlenia* uzyskuje się przez świetliki trójkątne, najmniej zaś światła dostarczają świetliki szedowe o szkleniu prostopadłym do poziomemu.

Inaczej przedstawia się *równomierność oświetlenia*. Największą równomiernością charakteryzują się świetliki latarniowe i szedowe, najmniejszą — trójkątne.

Dla pomieszczeń, w których wytwarzają się podczas produkcji gazy i pary lub też nadmierne ilości ciepła, ważnym zagadnieniem staje się sprawa *wentylacji naturalnej*, jaką można

*) Naświetlenie pomieszczenia bezpośrednimi promieniami słonecznymi.

uzyskać przez otwieranie świetlików. Pod tym względem na pierwszym miejscu należy postawić świetliki o dwustronnym, bardziej odległym od siebie szkleniu, a więc latarniane i trapezowe, najmniej natomiast nadają się do tego świetliki szedowe.

Z problemem wentylacji wiąże się sprawa *wygody otwierania* okien i świetlików. Tu należy przyznać pierwszeństwo świetlikom o szkleniu pionowym. W przypadkach, gdy zachodzi potrzeba częstej zmiany warunków wentylacji przez przymykanie lub otwieranie świetlików, nie można zalecić świetlików trójkątnych.

Aby utrzymać możliwie wysoką przepuszczalność szyb dla światła, należy świetliki oczyszczać jak najczęściej. *Najlepsze możliwości oczyszczania* posiadają świetliki z pionowym oszkleniem.

Również pod względem *wodoszczelności* świetliki z oszkleniem pionowym są lepsze od innych. Przy świetlikach o oszkleniu ukośnym należy specjalną uwagę zwracać na uszczelnienie: pod tym względem bezkitowe sposoby oszklenia dają lepsze wyniki niż uszczelnianie kitem, są one jednak droższe (ok. 20 %). Świetliki szedowe i łamane wymagają specjalnej dbałości o odwodnienie.

Naświetlenie pomieszczeń bezpośrednimi promieniami słonecznymi czyli tzw. *insolacja* pożądana dla domów mieszkalnych, szpitali i innych pomieszczeń, gdzie nie odbywa się praca, nie jest wskazana dla pomieszczeń fabrycznych, gdyż działa szkodliwie na wzrok i powoduje nadmierne nagrzewanie się pomieszczeń w porze letniej. Największe wady pod tym względem wykazują świetliki o ukośnych powierzchniach oszklenia, szczególnie trójkątne i trapezowe, b. korzystne natomiast są świetliki szedowe proste, szczególnie gdy są zwrócone ku północy lub lekko ku północnemu wschodowi.

Przy projektowaniu oświetlenia hal fabrycznych ważną jest ocena wielkości *strat ciepłych* ze względu na kalkulację kosztów produkcji. Najmniejsze straty ciepłe wykazują świetliki,

w których dla uzyskania wystarczającej jasności wymagana jest mniejsza powierzchnia oszklenia, a więc świetliki trójkątne i mansardowe. W niektórych pomieszczeniach fabrycznych požądane są straty ciepłne; dotyczy to np. odlewni, walcowni, kuźni i innych pomieszczeń ciepłej obróbki metali.

Straty światła są silnie uzależnione od stanu szyb pod względem czystości. Ukośne powierzchnie oszklenia ulegają znacznie łatwiej *brudzeniu szyb*, niż powierzchnie prostopadłe do poziomu, wobec czego wymagają częstszego czyszczenia. Toteż w pomieszczeniach, gdzie wytwarza się wiele kurzu i pyłu, jak w odlewniach, kuźniach i młynach należy stosować raczej szklenie pionowe. Normy radzieckie wymagają oczyszczenia szyb co najmniej raz na kwartał w pomieszczeniach, w których wytwarza się kurz, w innych pomieszczeniach — dwa razy na rok.

Na chłodnych płaszczyznach szyb od strony wewnętrznej budynków następuje *kondensacja pary* znajdującej się w powietrzu. Najłatwiej kondensuje się i utrzymuje para na szybach ukośnych, zmniejszając w ten sposób przepuszczalność szyb dla światła oraz powoduje nieprzyjemne skapywanie skroplonej pary. Dla uniknięcia tego zaopatruje się świetliki w specjalne rynienki odwadniające.

Gromadzenie się śniegu na świetlikach zmniejsza ilość światła przepuszczanego przez nie, zagraża świetlikom pod względem wytrzymałości oraz stwarza możliwości przeciekania wody do wnętrza powstającej przy topieniu się zwałów śnieżnych. To ostatnie niebezpieczeństwo występuje najsilniej w świetlikach szedowych, które wymagają wobec tego dobrego uszczelnienia u dołu.

Tłuczenie się szyb zdarza się najczęściej w świetlikach o płaszczyznach ukośnych do poziomu, toteż w tym systemie stosuje się zazwyczaj szkło zbrojone; wskazane jest to również z tego względu, że na szybach ukośnych łatwiej się utrzymują warstwy śniegu obciążające powierzchnie szklone.

Porównując liczby charakteryzujące poszczególne świetliki

w tabelce 4, widzimy, że najwięcej zalet, a stosunkowo niewiele wad, wykazują świetliki latarniowe; zastosowanie ich ograniczają tylko wysokie *koszty budowy*, są one bowiem najdroższe z wszystkich typów świetlików. Najtańsze, ale zarazem obciążone największymi wadami, są świetliki trójkątne, które ze względu na tanią konstrukcję są najczęściej stosowane — niejednokrotnie niewłaściwie, bo ze szkodą i dla pracującego i dla produkcji.

Godne polecenia są świetliki szedowe, które przy stosunkowo niewysokich kosztach budowy ustępują wprawdzie nieco pod względem zalet świetlikom latarnianym, wykazują jednak na ogół mniejsze wady niż te ostatnie.

To niewyczerpujące zestawienie najczęściej spotykanych konstrukcji oświetleniowych hal fabrycznych ma na celu zwrócenie uwagi na znaczenie tego zagadnienia. Zdarza się bowiem, że przy budowie nowych hal fabrycznych, przy wszelkiego rodzaju dobudowach i przebudowach, szczególnie wykonywanych przez fabryki we własnym zakresie, zwraca się zbyt małą uwagę na celowość urządzeń oświetleniowych pod względem ochrony wzroku, kierując się przy budowie nowego zakładu raczej wysokością kosztów budowy, albo też, przy rozbudowie zakładu pracy, nawiązując siłą bezwładności do warunków istniejących już w zakładzie. Nie trzeba udowadniać, jak szkodliwie może się takie stanowisko odbić na warunkach higieny, bezpieczeństwa i wydajności pracy.

4. ZALETY I WADY OŚWIETLENIA DZIENNEGO

Poprzednio wspominaliśmy już o pierwszorzędnej zaletce światła naturalnego, mianowicie o jego *równomierności*, dzięki znakomitemu rozproszeniu, jakiego nie posiada na ogół światło sztuczne. Omawiana równomierność dotyczy przestrzeni, natomiast w odniesieniu do równomierności w czasie, to w odróżnieniu od światła sztucznego, światło dzienne tej zalety nie posiada. Wahania intensywności światła dziennego w czasie

są bardzo duże, gdyż zależnie od pory roku, dnia oraz stanu zachmurzenia, różnice jasności w ciągu dnia pracy mogą wynosić od kilku do kilkudziesięciu tysięcy luksów.

Jeżeli chodzi o jasność zewnętrzną, to jest ona całkowicie niezależna od woli człowieka, natomiast jasność wewnątrz może on w pewnej mierze regulować. Szczególnie łatwo jest obniżyć jasność wewnętrzną przez stosowanie zasłon, stor, szyb ze szkła matowego, malowanego itp. Podwyższanie jasności w pomieszczeniach należy do spraw znacznie trudniejszych, jednak i na to istnieją pewne sposoby, nawet jeżeli pominiemy możliwość wybicia nowych otworów okiennych lub powiększenia istniejących.

Omówmy po kolei te skromne środki, które stoją do dyspozycji dla rozjaśnienia wewnątrz przy oświetleniu naturalnym. Zacniemy od elementu zasadniczego—okna, którego zadaniem jest przepuszczać światło do wnętrza. Jak już wyżej powiedzieliśmy, okna powinny mieć możliwie *największą powierzchnię*, przy czym stosunek wysokości do szerokości powinien być także możliwie duży, przede wszystkim *w pomieszczeniach głębokich*, jakimi są zazwyczaj hale fabryczne. Środek ten jednak jest na ogół kosztowny, a w stosunku do istniejących pomieszczeń nie zawsze wykonalny ze względów technicznych.

Dla zabezpieczenia wewnątrz przed wpływami atmosferycznymi okna są zawsze zaopatrzone w szyby. Nawet najlepsze szkło szybowe przepuszcza tylko część promieni (do 90%) pochłaniając ich resztę oraz odbijając zależnie od kierunku ich padania i od stanu powierzchni szyby. Brudne i zakurzone szyby mogą zmniejszyć jasność wewnątrz o 50%, a przy szkłe prążkowanym może nastąpić w ciągu niewielu tygodni obniżenie jasności nawet o 90%, szczególnie w pomieszczeniach, gdzie wytwarza się dużo kurzu.

Dlatego też należy jak najusilniej zalecić *utrzymanie w czystości szyb*, przez okresowe badanie i oczyszczanie, jest to bowiem najtańszy środek utrzymania jasności w pomieszczeniach na właściwym poziomie. Z tego względu wszelkie nie-

dbalstwo w tym kierunku jest karygodne. Należy również stale zwracać uwagę, by okna nie były zastawiane lub zakładane materiałami, wytworami, lub innym sprzętem, wtedy bowiem i najczystsze okna nie spełniają swego zadania.

To samo, co powiedzieliśmy o oknach, dotyczy w dużej mierze ścian i sufitów, które w stanie brudnym lub zakurzonym pochłaniają znaczne ilości światła odbijając kilkakrotnie mniej promieni, niż w stanie czystym.

Z nauki fizyki wiemy, że ciała idealnie białe odbijają 100 % promieni padających na nie, ciała zaś czarne pochłaniają je bez reszty. W przyrodzie wprawdzie nie spotyka się ciał idealnie białych, ani idealnie czarnych, do jakich to ostatnie twierdzenie się odnosi, nie mniej jednak zbliżenie się do tych idealnych warunków jest możliwe, szczególnie wtedy gdy chodzi o kolor czarny. Tak np. w pomieszczeniu całkowicie otapetowanym czarnym aksamitem, praca poza zasięgiem promieni wpadających bezpośrednio przez okno, byłaby praktycznie niemożliwa ze względu na brak promieni odbitych od ścian i sufitu, współczynnik bowiem odbicia dla czarnego aksamitu wynosi zaledwie 0,04.

W warunkach najczęściej spotykanych — ściany białe, nowopomalowane odbijają 70 do 80 % promieni, brudne i zakurzone natomiast tyleż mniej więcej ich pochłaniają, odbijając tylko 20 do 30 % promieni.

Dlatego też *racjonalne oświetlenie pomieszczeń wymaga stałej troski o stan ścian i sufitów*, możliwie częstego malowania, a przynajmniej oczyszczania z kurzu i brudu, tymi bowiem sposobami można zwiększyć jasność w pomieszczeniach o 40 do 60 %, szczególnie w kątach, do których światło słabo dociera.

Również jasne barwy urządzenia wewnątrz, sąsiadujących budynków, murów i parkanów wpływają dodatnio na jasność pomieszczeń przy oświetleniu dziennym.

Dodać tutaj należy, że utrzymanie porządku i czystości, tak ważne ze względu na bezpieczeństwo, higienę i wydajność pracy, napotyka w źle oświetlonych pomieszczeniach na bardzo

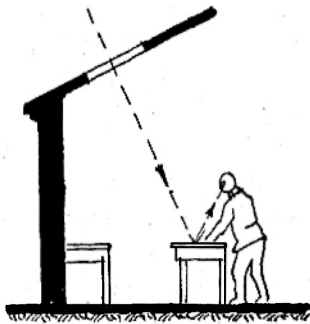
duże trudności. Wiemy, jak często najciemniejsze kąty w zakładach pracy stają się składami różnego rodzaju odpadków i rupieci, które powinny się znaleźć na śmietniku poza obrębem pomieszczeń. Często można spotkać w takich ciemnych zakątkach resztki jedzenia, zaoliwione szmaty itp., co oczywiście zagraża szerzeniem się chorób i niebezpieczeństwem pożaru.

Tak więc widzimy, że *dobre oświetlenie jest najlepszym stróżem porządku i czystości i wzajemnie — bez porządku i czystości nie ma dobrego oświetlenia*. Brud i nieład obniżają jasność w pomieszczeniach, zaś wadliwe pod względem intensywności i równomierności warunki oświetlenia sprzyjają powstawaniu i utrzymywaniu się nieładu i brudu.

Te trzy czynniki, mianowicie: oświetlenie, porządek i czystość — są ze sobą ściśle związane i od siebie zależne i wydatnie wpływają razem na bezpieczeństwo i higienę, na wydajność pracy oraz na stan zdrowia pracowników, przedłużając w ten sposób ich możliwości pracy zarobkowej w późniejszych latach.

Sprawa *oślnienia* odgrywa przy oświetleniu dziennym znacznie mniejszą rolę niż przy sztucznym, dzięki bardzo dobremu rozproszeniu światła słonecznego w pomieszczeniach, szczególnie w przypadku, gdy promienie słoneczne nie dostają się bezpośrednio do wnętrza, dzięki czemu równomierność jasności jest bardzo duża. Zaletę tę posiada przede wszystkim oświetlenie systemem szedowym od strony północnej, a intensywność tego rodzaju oświetlenia wykazuje stosunkowo nieduże wahania w czasie.

Znacznie większe różnice jasności w przestrzeni pomieszczeń i w czasie daje oświetlenie boczne. Dlatego też jasność ścian posiada większą wagę dla oświetlenia bocznego niż dla górnego. Oślnienie spowodowane promieniami odbitymi (odblaskiem, czyli reflekssem) spotyka się natomiast częściej przy oświetleniu górnym niż bocznym. Tłumaczyć to można tym, że promienie padające z góry pod bardzo stromym kątem odbijają się od gładkich powierzchni często w kierunku patrzenia (rys. 19). Przy



Rys. 19.

przedstawia olśnienie pracownika stromo padającym promieniem słonecznym ze świetlika dachowego; również przy oświetleniu bocznym może nastąpić olśnienie, zwłaszcza promieniami z górnych kwater okien.

oświetleniu bocznym olśnienie odbłaskiem zdarza się rzadziej, płaski bowiem kierunek promieni odbitych od powierzchni nie pokrywa się na ogół ze stromym kierunkiem patrzenia z góry na płaszczyznę pracy.

Sposoby zapobiegania olśnieniu spowodowanemu promieniami odbitymi są w zasadzie bardzo proste. Czasem wystarczy tylko zmiana pozycji pracownika, lub położenia przedmiotu obserwowanego w stosunku do promieni oświetlających. Gdy to zawodzi, lub też jest niemożliwe, należy przysłonić otwory świetlne za pomocą zasłon lub stor. Także stosowanie szkła matowego, rozpraszającego światło w kwaterach górnych okien oraz w świetlikach dachowych, może skutecznie chronić przed olśnieniem. Sposobu tego nie należy zalecać, szczególnie dla pomieszczeń głębokich, które w porze zimowej są zazwyczaj zbyt słabo oświetlone. Nie jest tym bardziej wskazane szklenie całych okien bocznych szybami matowymi, ponieważ pochłaniają one zbyt wiele światła. Często stosowane malowanie okien na niebiesko pochłania także wiele światła, będąc zarazem niezbyt skutecznym środkiem przeciw olśnieniu.

Rozmieszczenie stanowisk pracy posiada również duże znaczenie w związku z możliwościami odbłasku i olśnienia. Należy je urządzać w taki sposób, by przedmioty podlegające obróbce były dobrze oświetlone, aby jednak jednocześnie promienie z okien nie padały bezpośrednio i wprost na oczy pracownika.

Nie jest także wskazane, by pracownik stał tyłem do światła, gdyż wtedy cień rzucony przez niego pada na przedmiot obrabiany lub narzędzie, zaciemniając je i utrudniając obserwację.

Najkorzystniejsze dla pracy jest naogół oświetlenie ukośne lewostronne i to raczej od tyłu niż od przodu, wtedy bowiem rzucony cień pracownika lub jego ręki najmniej przeszkadza w pracy, a światło z okna nie pada bezpośrednio na oczu pracującego.

Jak już wyżej wspomniano, prace wymagające rozróżniania szczegółów nie powinny się odbywać w większej odległości od okien, niż podwójna wysokość tych okien. W pomieszczeniach, gdzie przy przebudowie zachodzi potrzeba umieszczenia dodatkowych okien, nie zawsze jest wskazane urządzenie ich w przeciwnych ścianach bocznych z uwagi na możliwość tworzenia się podwójnych cieni. Często wskazane jest raczej umieszczenie ich w ścianie szczytowej.

W powyższych rozważaniach omówiono pokrótce główne czynniki oświetlenia naturalnego, posiadające wpływ na bezpieczeństwo i higienę pracy oraz na jej wydajność.

Omówiono przy tym szereg najprostszych środków pomocniczych dla racjonalnego wykorzystania tego światła.

Wyniki tych rozważań dadzą się streścić następująco:

GŁÓWNYMI WARUNKAMI BEZPIECZNEJ, HIGIENICZNEJ I WYDAJNEJ PRACY SĄ:

WYSTARCZAJĄCE WYMIARY I ODPOWIEDNI KSZTAŁT OTWORÓW OKIENNYCH;

ODPOWIEDNIE ICH ROZMIESZCZENIE;

UTRZYMANIE W CZYSTOŚCI SZYB, ŚCIAN I SUFITÓW;

ROZMIESZCZENIE STANOWISK PRACY ODPOWIEDNIO DO WYMAGANEJ JASNOŚCI;

ZABEZPIECZENIE PRZED OLSNIENIEM I CIENIAMI RZUCONYMI.

III

ŚWIATŁO SZTUCZNE

TREŚĆ CZĘŚCI III

	<i>Str.</i>
1. <i>Systemy oświetlenia sztucznego</i>	79
2. <i>Dobór jasności i barwy oświetlenia</i>	85
3. <i>Obliczenie jasności oświetlenia wewnątrz</i>	93
4. <i>Zwiększanie jasności oświetlenia</i>	99
5. <i>Równomierność oświetlenia</i>	104

1. SYSTEMY OŚWIETLENIA SZTUCZNEGO

Gdy światło dzienne staje się niewystarczające, a więc z nadejściem zmierzchu, a w pomieszczeniach ciemniejszych nawet i w dzień, rozpoczyna się rola oświetlenia sztucznego. Oświetlenie takie nabiera w naszych obecnych warunkach specjalnego znaczenia, gdyż wobec wzmagającego się tempa odbudowy kraju może niejednokrotnie zajść potrzeba przedłużenia czasu pracy przez wprowadzenie godzin nadliczbowych lub dodatkowych zmian w zakładach, które dotychczas posiadały normalny 8-godzinny dzień pracy i szły na jedną zmianę.

Do oświetlenia sztucznego zakładów pracy używano dawniej łatwopalnych ciał stałych, płynnych i gazowych, jak np. stearyny i parafiny, olejów mineralnych, roślinnych i zwierzęcych oraz gazów świetlnych wydobywanych z ziemi lub sztucznie wytwarzanych. Wszystkie te środki oświetleniowe ustępują tak ze stanowiska technicznego, jak też pod względem bezpieczeństwa pożarowego innej formie energii oświetleniowej — energii elektrycznej. Dzięki swym wszechstronnym zaletom elektryczność odniosła łatwe i bezsporne zwycięstwo na polu oświetlenia a wspomniane inne środki znajdują tylko doraźne zastosowanie. Dzięki bowiem lampie elektrycznej możemy prawie dowolnie regulować siłę światła, dobierać system oświetlenia, dysponować jego rozdziałem i w ten sposób dostosowywać je bardzo dokładnie do potrzeb wykonywanych prac. Podkreślić należy, że dostosowanie się do zmiennych potrzeb oświetlenia przy zastosowaniu instalacji elektrycznej może się odbywać w sposób niezwykle prosty, np. za naciśnięciem guzika lub przekręceniem wyłącznika.

Racjonalny dobór oświetlenia w dostosowaniu do rodzaju pracy nie należy jednak do spraw łatwych. Dokładność widzenia i szybkość spostrzegania zależą bowiem nie tylko od intensywności oświetlenia, od jego równomierności i barwy światła, lecz w znacznej mierze także od właściwości obserwowanego przedmiotu, jak zdolność odbijania promieni, tworzenia kontrastów świetlnych, wielkości przedmiotu oraz jego odległości od oczu, jak też położenia w polu widzenia.

Ale nie tylko właściwości przedmiotu podlegającego obserwacji decydują o wyborze oświetlenia. Niepoślednią rolę odgrywają tu również właściwości pomieszczeń, w których dana praca ma się odbywać, np. wymiary pomieszczeń, rodzaj i stan ścian i sufitów.

Kierując się tymi dwoma wskaźnikami, a więc rodzajem wykonywanych prac oraz właściwościami pomieszczeń przeznaczonych dla wykonywania tych prac, staramy się odpowiednio dobrać oświetlenie ogólne całych pomieszczeń oraz miejscowe (indywidualne) poszczególnych stanowisk pracy.

Podstawowym zadaniem *oświetlenia ogólnego* jest stworzenie możliwości równomiernej jasności w całym pomieszczeniu. Osiągnąć to można różnymi sposobami, które zostaną omówione w dalszym ciągu. Obecnie zajmujemy się rodzajami oświetlenia ogólnego.

W zasadzie rozróżniamy trzy rodzaje oświetlenia ogólnego: bezpośrednie, pośrednie i półpośrednie.

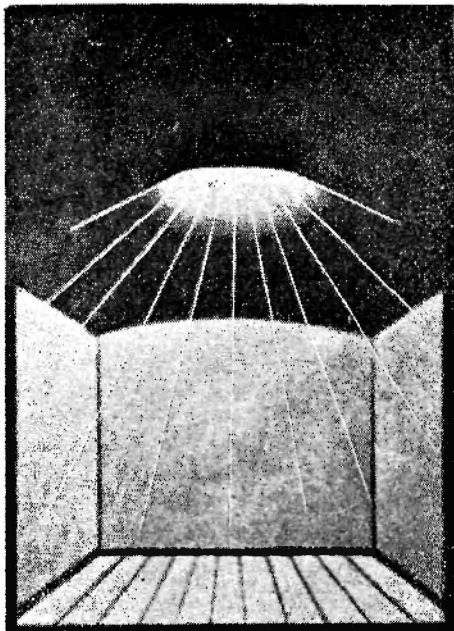
Przez *oświetlenie bezpośrednie* (rys. 20) rozumiemy oświetlenie promieniami wychodzącymi bezpośrednio ze źródła światła.

Za *oświetlenie pośrednie* (rys. 21) uważamy oświetlenie promieniami odbitymi od sufitu i górnych części ścian.

Oświetlenie półpośrednie jest kombinacją obu zdefiniowanych powyżej rodzajów oświetlenia (rys. 22).

Przy oświetleniu bezpośrednim całkowity strumień świetlny źródła zostaje skierowany bezpośrednio w dół przez odpowiednio ukształtowaną osłonę (reflektor) z materiału nieprzepu-

szczejącego światła. W ten sposób sufit i górne części ścian pozostają w cieniu, oświetlone pełnym światłem są tylko dolne partie pomieszczenia.

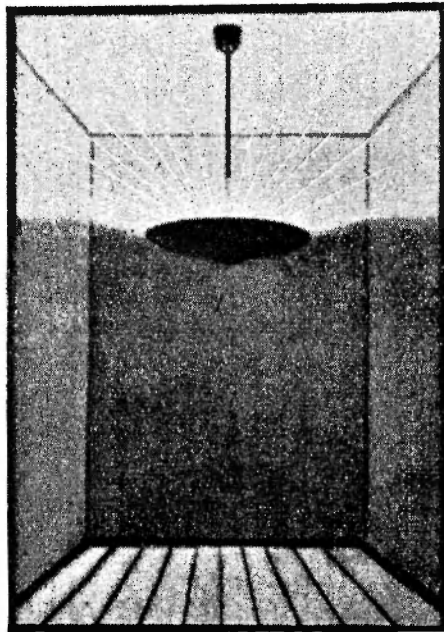


*Rys. 20
przedstawia oświetlenie bezpośrednie pomieszczenia; oświetlenie takie jest wprawdzie niedrogie w eksploatacji, wytwarza jednak ostre i głębokie cienie, które utrudniają pracę wzroku i wywołują ośnienie.*

Oświetlenie tego rodzaju tworzy ostre i głębokie cienie. Nadaje się ono głównie dla pomieszczeń o ścianach i sufitach ciemnych, nieodbijających światła, jak np. dla odlewni metali, dla kuźni oraz dla hal o dużych powierzchniach szklonych.

Przy oświetleniu pośrednim osłony lamp są tak ukształtowane, lampy zaś tak zawieszono, że całkowity strumień świetlny źródła zostaje skierowany na sufit, a stamtąd odbity w dół. Oświetlenie takie jest nadzwyczaj równomierne i prawie nie daje cieni. Przez swą równomierność jest ono bardzo miłe i łagodne dla oczu, brak cieni jednak w dużym stopniu utrudnia, a nawet uniemożliwia przestrzenne rozpoznawanie przedmio-

tów. Gdzie zatem zachodzi potrzeba oceny bryłowości przedmiotów, tam ten rodzaj oświetlenia się nie nadaje, natomiast wskazany jest dla sal wykładowych i rysunkowych oraz dla biur, gdzie cienie są zbędne. Oświetlenie pośrednie jest stosunkowo drogie w eksploatacji, gdyż wymaga bardzo częstego bieżenia i malowania sufitów i ścian, a nawet i przy odczyszczo-

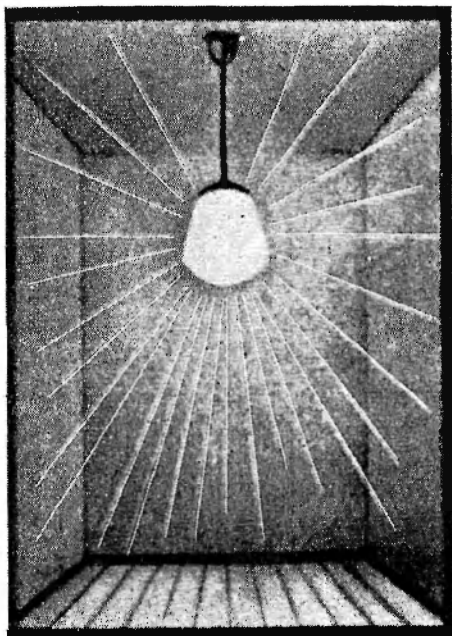


*Rys. 21
przedstawia oświetlenie
p o ś r e d n i e; ten typ o.
świetlenia jest łagodny i miły
dla oka, wytwarza bowiem tyl-
ko bardzo słabe cienie; w przy-
padkach jednak, gdy chodzi o
dobre rozróżnianie budowy prze-
strzennej przedmiotów, zaleta
ta staje się wadą.*

nych powierzchniach ścian i sufitów mogą zachodzić straty strumienia świetlnego do 40% i więcej (zależnie od barwy ścian).

W przypadkach, gdy zachodzi potrzeba przestrzennej obserwacji przedmiotów przy zachowaniu łagodności oświetlenia, znajduje właściwe zastosowanie oświetlenie półpośrednie. Przy tym sposobie oświetlenia można uzyskać bardzo obszerną skalę cieni od najłagodniejszych i najsłabszych do głębokich i ostrych

w zależności od tego, jaka część strumienia świetlnego źródła zostaje skierowana bezpośrednio w dół, a jaka zaś dopiero po odbiciu od ścian i sufitów. System ten pozwala przeto na jak najdalej idące dostosowanie się do rodzaju wykonywanych czynności i do przedmiotów podlegających obserwacji.

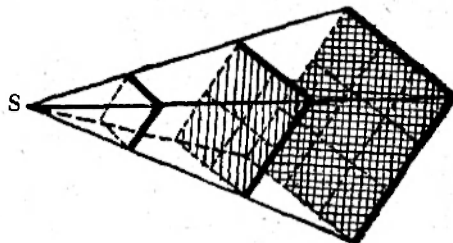


*Rys. 22
przedstawia oświetlenie
półpośrednie; nie utrudnia ono
oceny bryłowości oglądanych
przedmiotów, nie wywołuje
również olśnienia, gdyż rzucone
cienie nie są ani ostre ani
głębokie; co do kosztów
eksploatacji zajmuje ono
środkowe stanowisko pomiędzy
oświetleniem bezpośrednim i
pośrednim.*

Oświetlenie ogólne — nawet bezpośrednie, dające najmniejsze straty strumienia świetlnego — jest stosunkowo drogie w eksploatacji, gdyż dzięki wysokiemu zawieszeniu lamp oświetla się całe pomieszczenie, a nie tylko stanowiska pracy. Wskutek tego wysokiego zawieszania jasność oświetlenia traci kosztem zwiększenia obszaru oświetlonego ze wzrostem odległości powierzchni oświetlanej od źródła światła.

Przy oświetleniu bezpośrednim dwukrotne zwiększenie odległości od źródła światła obniża jasność oświetlanej powierzchni

4-krotnie, oddalenie 3-krotne powoduje 9-krotne zmniejszenie jasności, bowiem ta sama ilość promieni oświetla w pierwszym przypadku 4-krotnie, w drugim zaś — 9-krotnie większą powierzchnię (rys. 23).



*Rys. 23
wykazuje, że jasność oświetlenia płaszczyzny spada w stosunku kwadratowym do jej odległości od punktowego źródła światła S.*

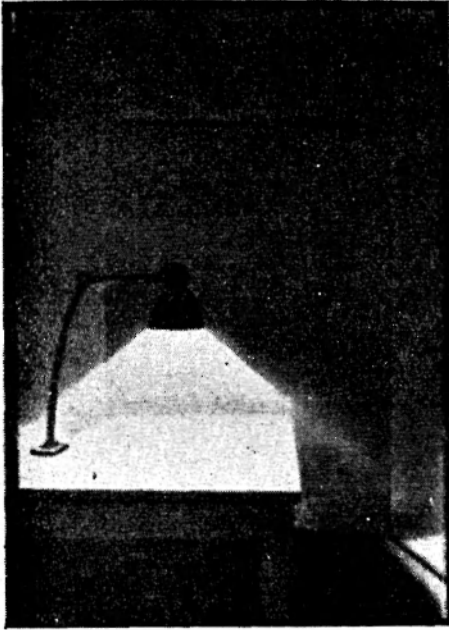
Spadek zatem jasności następuje w stosunku kwadratowym do odległości od źródła światła.

Np. lampa stołowa z żarówką, znajdująca się na wysokości 35 cm nad powierzchnią stołu, oświetla ją około 20 razy silniej niż żarówka o tej samej mocy zawieszona na wysokości 1,5 m ponad stołem.

Wydawałoby się przeto, że najekonomiczniej byłoby stosować oświetlenie lampami znajdującymi się możliwie najniżej nad poszczególnymi stanowiskami pracy, w ten sposób bowiem można uzyskać żadaną jasność oświetlenia powierzchni pracy przy najmniejszym wydatku energii elektrycznej.

Oświetlenie tego rodzaju — lampami znajdującymi się bezpośrednio nad stanowiskami pracy — nazywamy *oświetleniem miejscowym* lub indywidualnym (rys. 24).

W pomieszczeniach pracy jednak, prócz czynności odbywających się na pewnych stałych miejscach, odbywa się również ogólny ruch transportowy i komunikacyjny, jak przenoszenie lub przewożenie surowców i wytworów oraz przechodzenie pracowników od stanowiska do stanowiska, z pomieszczenia do pomieszczenia celem porozumienia się i załatwienia innych spraw. Zatem prócz oświetlenia miejscowego stanowisk pracy, stosowanego ze względów oszczędnościowych, konieczne jest



Rys. 24

obrazuje oświetlenie miejscowe stanowiska pracy; zużywając mało energii elektrycznej daje ono wprawdzie dostateczną jasność na płaszczyźnie pracy, nie oświetla natomiast wystarczająco miejsc pomiędzy stanowiskami, utrudniając przez to komunikację i stwarzając niebezpieczeństwo wypadku.

także oświetlenie ogólne, wystarczające dla celów transportu i komunikacji w pomieszczeniu.

Gdyby w pomieszczeniu zastosować wyłącznie oświetlenie miejscowe stanowisk pracy, wtedy miejsca pracy byłyby oświetlone bardzo silnie, a miejsca pomiędzy stanowiskami byłyby bardzo ciemne. Gdyby nawet same stanowiska pracy były oświetlone równomiernie, to jednak pracownicy nie mogliby się ustrzec olśnienia spowodowanego nierównomiernością jasności w otoczeniu. To jest drugim powodem, dla którego potrzebne jest dodatkowe oświetlenie ogólne, niezależnie od oświetlenia miejscowego stanowisk pracy.

2. DOBÓR JASNOŚCI I BARWY OŚWIETLENIA

Podstawowym warunkiem dobrego oświetlenia jest wystarczająca jego jasność. Nie dla wszystkich prac, nie dla wszystkich

czynności wymagana jest jednakowa jasność. Dla robót grubszych, niewymagających rozróżnienia mniejszych szczegółów, wystarczą jasności nieduże, prace precyzyjne natomiast stawiają znacznie większe wymagania co do jasności.

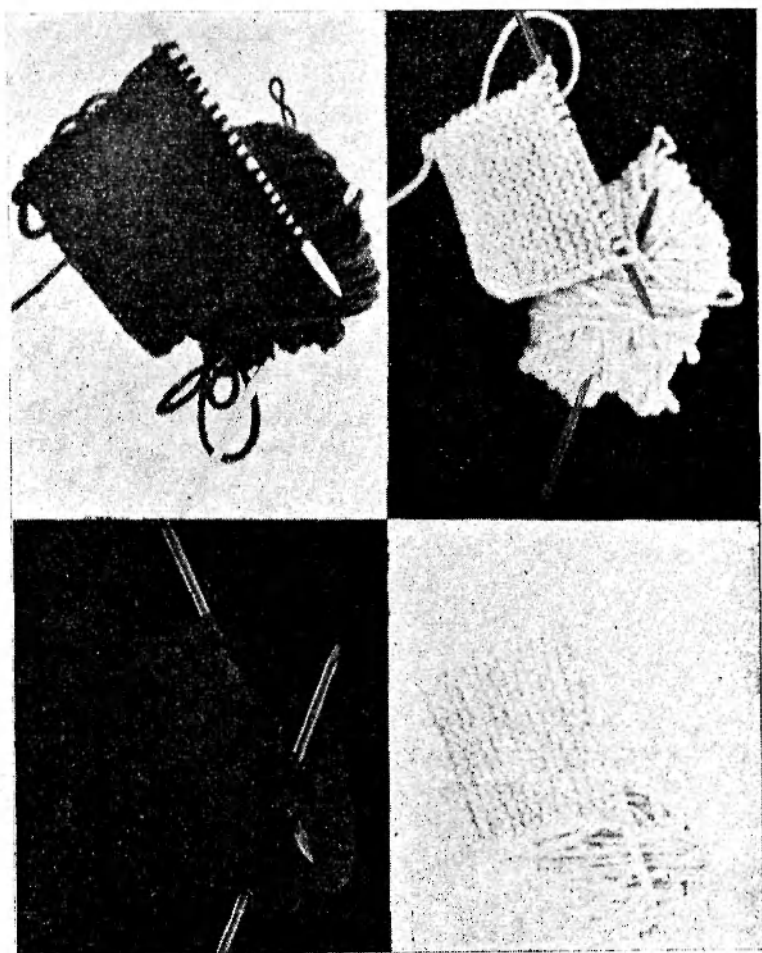
Jasność oświetlenia zależy od ilości promieni padających na jednostkę powierzchni oświetlonego przedmiotu, natomiast sprawność widzenia zależy przede wszystkim od ilości i gęstości promieni dostających się na siatkówkę, co znowu jest zależne od ilości promieni odbitych w kierunku patrzenia, przypadających na jednostkę oświetlonej powierzchni, czyli od jaskrawości powierzchni.

Dla określenia zatem rodzaju pracy celem dobrania odpowiedniej dla tej pracy jasności oświetlenia nie zawsze wystarczy podanie samej czynności bez żadnego bliższego określenia. Taka np. praca, jak szycie, wymaga innej jasności przy szyciu materiałów ciemnych, innych zaś przy szyciu jasnych, gdyż materiały ciemne odbijają mniej promieni, co można skompensować tylko podwyższeniem jasności oświetlenia.

Przy doborze jasności należy brać pod uwagę jeszcze jeden czynnik ważny dla sprawności widzenia mianowicie kontrastowość. Nie jest obojętne, czy rysujemy twardym ołówkiem na szarej szkiełce, czy też kreślimy czarnym tuszem na białym papierze.

W pierwszym przypadku potrzebna jasność powinna być co najmniej 20-krotnie większa niż w drugim, by warunki widzenia w obu przypadkach były mniej więcej równe (por. współczynniki odbicia i współczynniki kontrastu na str. 15 oraz rys. 25).

Przytoczone wyżej czynniki dotyczą samej pracy, a ściślej właściwości przedmiotu pracy, a więc wielkości przedmiotu, zdolności odbijania promieni oraz tworzenia kontrastów i cieni. Te jednak czynniki nie wyczerpują wszystkich warunków jakie są potrzebne do określenia jasności pożądanej przy danej pracy.



Rys. 25

Zbyt słabe kontrasty między tłem a oglądanym przedmiotem oraz pomiędzy poszczególnymi częściami przedmiotu utrudniają widzenie i pracę.

Wymagania co do intensywności oświetlenia należy uzależnić również od stanu pomieszczeń, a więc od rodzaju i stanu ścian, sufitów, urządzenia wewnętrznego; jeżeli posiadają one małą zdolność odbijania, gdy tworzące się cienie utrudniają przy tym powstawanie kontrastów, należy pójść z wymaganiami jasności wyżej niżby to wynikało z warunków przeciętnych.

Na str. 89 oraz w załączniku Nr 1 podaje się zestawienie pożądaných jasności średnich w pomieszczeniach pracy na wysokości 1 m nad podłogą (poziom pracy) przy oświetleniu ogólnym w zależności od rodzaju wykonywanych prac²⁰⁾. Zaznacza się, że wartości podane w tej tabelce posiadają jedynie wartość orientacyjną i mogą być traktowane jako wartości przeciętne dla najczęściej spotykanych rodzajów prac, przedmiotów pracy i pomieszczeń przy przyjęciu średniego współczynnika odbicia (40 do 60%). Jeżeli praca, dla której dobieramy w tabelce jasność, nie odpowiada powyższym warunkom, należy wymagania jasności odpowiednio zmienić stosownie do uwag podanych na początku rozdziału. Jasności podane w tabeli na str. 89 oraz w załączniku Nr 1 odnoszą się do oświetlenia lampami żarowymi.

Obecnie wprowadza się już w Polsce nowoczesne oświetlenie *lampami fluoryzującymi*. Ten rodzaj oświetlenia ze względu na specjalne właściwości fizjologiczne wymaga znacznie wyższych jasności niż oświetlenie żarówkami.

Jak już stwierdziliśmy przy omawianiu właściwości światła, sprawność wzroku jest tym większa im mniejsze są różnice między jaskrawością oglądanego przedmiotu a jaskrawością pola widzenia. Z tego względu oświetlenie ogólne jest znacznie korzystniejsze niż miejscowe. Zdarza się jednak, że w jednym i tym samym pomieszczeniu odbywają się różne prace — jedne wymagające wyższych, drugie niższych jasności. Zdarza się również, że prace wymagające jasności wyższych odbywają się spo-

²⁰⁾ Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht — j. w. pod 1) na str. 14.

Tab. 5.
Jasności pożądane na płaszczyźnie pracy *)
 (ok. 1 m nad podłogą)

Poz.	Rodzaj pracy lub pomieszczenia	Jasność w luksach
1	Prace bardzo grube, niewymagające rozróżnienia szczegółów, np. przesypywanie węgla, zboża w magazynie, usuwanie trocin z podziemia tartaczego itp. oraz oświetlenie schodów, podwórzy, korytarzy itp.	10 — 20
2	Prace wymagające rozróżniania grubszych szczegółów, jak odlewanie żeliwa, oczyszczanie odlewów, walcowanie grube, kucie, montowanie dużych zespołów, obsługa traków w tartaku, prace przy piecach w hutach szkła itp. oraz oświetlenie schodów, korytarzy i podwórzy o silnym ruchu	20 — 40
3	Prace wymagające dobrego rozróżniania małych szczegółów, jak proste formowanie, odlewanie wtryskowe, obsługa rewolwerówek, tłoczarek, pił tarczowych i taśmowych, strugarek, maszyn papierniczych, montowanie dość dużych części, ręczna obróbka metali i drewna, praca w młynach, piekarniach itp.	40 — 80
4	Prace wymagające bardzo dokładnego rozróżniania szczegółów, jak trudne formowanie, dokładne walcowanie, toczenie, montowanie mniejszych części, dokładna ręczna obróbka metali i drewna, obsługa maszyn do wytwarzania małych przedmiotów, prace przędzalnicze i tkalnicze, obróbka jasnych tkanin i skóry, farbowanie, przykrawanie i szycie, maszynowe prace składacza i drukarskie, biurowe itp.	80 — 150
5	Prace wymagające jak najdokładniejszego rozróżniania szczegółów, jak grawerskie, zegarmistrzowskie, jubilerskie, montowanie przyrządów pomiarowych, szlifowanie i polerowanie szkieł optycznych, tkanie, przędzenie, przykrawywanie i szycie ciemnych materiałów, ustawianie maszyn drukarskich, ręczne prace składacza, badanie papieru, prace kreślarskie itp.	150 — 300

radycznie i nierównie rzadziej niż pozostałe. W tych warunkach dostosowanie ogólnej jasności do najwyższych wymogów staje się niecelowe i nieekonomiczne. Jeżeli z powyższych albo z jakichkolwiek innych względów przewiduje się wprowadzenie oświetlenia miejscowego stanowisk pracy, to wymaga ono znacznie większych jasności, niżby to wynikało z podanej wyżej tabelki jasności dla oświetlenia ogólnego. To podwyższenie wymagań jasności przy oświetleniu miejscowym w stosunku do jasności oświetlenia ogólnego jest dyktowane potrzebą skompensowania obniżonej sprawności wzroku spowodowanej zwiększeniem nierównomierności. Ta zwiększona nierównomierność wymaga ponadto choćby częściowego wyrównania przez dodatkowe oświetlenie ogólne o jasności odpowiednio przystosowanej.

Z tych względów stosowanie wyłącznego oświetlenia miejscowego nie jest celowe, zawsze powinno być ono uzupełnione dodatkowym oświetleniem ogólnym.

Poniżej podajemy tabelkę pożądanych jasności oświetlenia miejscowego w zależności od rodzaju pracy wraz z wymogami dodatkowego oświetlenia ogólnego. Dla porównania podano wymagane jasności oświetlenia wyłącznie ogólnego (podane w poprzedniej tabelce na str. 89).

*) Celem umożliwienia porównania podanych w tabeli jasności oświetlenia sztucznego w stosunku do jasności przy świetle dziennym zaznacza się, że oświetlenie naturalne w chmurne, zimowe południe wynosi pod otwartym niebem 1.000 do 5.000 luksów, w letnie bezchmurne południe zaś 100 do 150 tysięcy luksów. Przeciętne różnice w oświetleniu w ciągu dnia między wschodem a zachodem wynoszą 100 do 500 luksów, przeciętna jasność dla całego dnia wynosi 250 luksów. Przeciętnej jasności w grudniowe południe 7.000 luksów odpowiada przeciętna jasność w południe lipcowe 50.000 luksów. Jasność w czasie pełni księżyca wynosi 0,2 luksa.

Lampa elektryczna stołowa z żarówką 40-watową znajdującą się na wysokości 40 cm nad stołem z osłoną w kształcie głębokiego reflektora daje na stole średnią jasność ok. 300 luksów, lampa o tej samej mocy zawieszona 1,5 m nad stołem — jasność ok. 20 luksów.

Tab. 6.

Pożądane jasności przy oświetleniu ogólnym i miejscowym

RODZAJ PRAC	Oświetlenie ogólne		Oświetlenie miejscowe i ogólne		
	Jasność średnia	Jasność minim.	Oświetlenie miejsc.	Oświetlenie ogólne	
				Jasność średnia	Jasność dodat.
	w i u k s a c h				
Jasność minim.	Jasność średnia	Jasność dodat.	Jasność minim.	Jasność średnia	
B. grube	10—20	5	—	—	—
Grube	20—40	10	50—100	20	10
Średnie	40—80	20	100—300	30	15
Dokładne	80—150	50	300—1000	40	20
Precyzyjne	150—300	100	1000—5000	50	30

Jak widać z tej tabelki wymagania jasności wzrastają bardzo szybko wraz z wymaganą dokładnością prac: gdy przy pracach grubych oświetlenie miejscowe wymaga jasności 2,5-krotnych w stosunku do wymagań przy wyłącznym oświetleniu ogólnym, to dla prac precyzyjnych stosunek ten jest więcej niż 15-krotny. Należy to tłumaczyć tym, że przy wzrastających jasnościach wzrasta również i nierównomierność oświetlenia, stąd też konieczna jest kompensata dla wzroku przez znaczne podwyższenie jasności oświetlenia miejscowego.

Jednak najsilniejsze nawet oświetlenie używanymi dzisiaj powszechnie żarówkami gazowanymi nie jest w stanie oddać naturalnej barwy przedmiotów, tak jak je widzimy przy świetle dziennym. Istnieje natomiast wiele rodzajów prac, które wymagają dokładnej oceny barwy, jak np. wytwarzanie farb, przetwarzanie papierów i tkanin kolorowych, malowanie i lakierowanie, powielanie wielobarwne, badania chemiczne i lekarskie i wiele innych.

W tych przypadkach, jak również gdy światło dzienne jest tak niewystarczające, że wymaga uzupełnienia światłem sztucz-

nym, należy używać źródeł światła dających oświetlenie, o ile możliwe najbardziej zbliżone do dziennego. Światło takie dają tzw. żarówki słoneczne z niebieskiego szkła, pochłaniające nadmiar promieni czerwonych, wysyłanych przez żarzące się włókno żarówki. Są one jednak wysoce nieekonomiczne, gdyż szkło niebieskie pochłania bardzo dużą część strumienia świetlnego, wysyłanego przez żarzące się włókno. Bardzo ekonomiczną jest natomiast nowoczesna lampa rtęciowo-żarowa, dająca światło bardzo zbliżone do naturalnego. Konstrukcja jej jest tego rodzaju, że w jednej osłonie znajduje się lampa rtęciowa, wytwarzająca światło niebiesko-białe, oraz żarówka powszechnie stosowana do oświetlenia, dająca nadmiar promieni czerwonych. Choć lampy tego rodzaju są bardzo ekonomiczne w eksploatacji, nie znalazły jeszcze powszechnego zastosowania ze względu na dużą cenę rynkową. Ostatnie lata przyniosły nową zdobycz techniczną w zakresie oświetlenia. Są nią tzw. *lampy fluoryzujące* o wydajności świetlnej wyższej niż u lamp rtęciowo-żarowych oraz o barwie światła całkowicie zbliżonej do barwy światła dziennego. Wydaje się, że lampy te mimo znacznych kosztów ich produkcji — wyprą żarówki w wielu dziedzinach.

Sztuczne światło dzienne robi wrażenie zimne i przykre, gdy jasność oświetlenia odbiega znacznie od jasności dziennych. Dlatego też jasność sztucznego światła dziennego należy utrzymywać na znacznie wyższym poziomie niż przy oświetleniu zwykłymi żarówkami. Jako normę przy oświetleniu tego rodzaju należy przyjąć jasności co najmniej 2 do 3 razy większe niż zalecano przy normalnym oświetleniu żarówkami. Ponadto zaś należy stosować takie osłony dla tych lamp, by również i swym rozprószeniem przypominały światło dzienne, aczkolwiek jaskrawość ich jest wielokrotnie mniejsza niż blask żarówek ²¹⁾.

²¹⁾ Dancig N. M. Prof. i Bielikowa W. K. — Niekotoryje higieniczeskije woprosy pri luminescentnom oswieszczenji — mies. „Gigiena i Sanitaria“ Nr. 10/49.

W pomieszczeniach pracy, w których wytwarza się wiele dymu lub mgły, jak np. w odlewniach metali, w pralniach, farbiarniach itp. wskazane jest stosowanie do oświetlenia sztucznego lamp sodowych. Są to lampy o świetle żółtym, posiadającym tę własność, że zwiększa kontrasty oraz zaostrza kontury rozwiane we mgle.

3. OBLICZANIE JASNOŚCI OŚWIETLENIA WNĘTRZ

W poprzednim rozdziale omówiono sprawę doboru jasności oświetlenia w dostosowaniu do rodzaju wykonywanych prac, podając przy tym odpowiednie tabele orientacyjne. W praktyce zachodzi zatem potrzeba obliczenia, jakich lamp należy użyć, by uzyskać odpowiednią jasność w pomieszczeniu lub też sprawdzenia, czy przy istniejącej instalacji oświetleniowej moc lamp zapewnia dla danej pracy pożądaną jasność w pomieszczeniu. W tym drugim przypadku najprostsze byłoby użycie do pomiaru jasności odpowiedniego przyrządu, tj. luksomierza. Jest to wprawdzie przyrząd nieskomplikowany w swej konstrukcji i prosty w obsłudze, wymaga jednak częstej kontroli w laboratoriach fotometrycznych, a w obecnych warunkach jest na ogół nie do nabycia. Z braku więc luksomierzy jasność wewnątrz trzeba obliczać stosując odpowiednie wzory.

Poniżej podajemy przybliżoną *metodę strumieniową*, obliczenia jasności dla istniejącej instalacji. Podstawowy wzór do obliczenia średniej jasności w pomieszczeniu jest następujący:

$$E = \frac{S}{F} \times \frac{s}{r}$$

Symbole podane w tym wzorze oznaczają:

E — średnią jasność oświetlenia w pomieszczeniu
(w luksach),

S — całkowity strumień świetlny wszystkich żarówek
w pomieszczeniu (w lumenach),

F — powierzchnię pomieszczenia (w metrach kwadratowych),
 s — współczynnik sprawności oświetlenia (niemianowany),
 r — współczynnik zapasu (rezerwy) — (niemianowany).
 Współczynnik sprawności oświetlenia „ s ” zależy od rodzaju
 zastosowanych lamp (osłon), a przy oświetleniu pośrednim
 i półpośrednim również i od stanu ścian i sufitu.

Jako przeciętne wartości tego współczynnika można przyjąć:

przy oświetleniu bezpośrednim	0,5
„ „ „ pośrednim	0,3—0,5
„ „ „ półpośrednim	0,4—0,5

Przy oświetleniu pośrednim i półpośrednim przyjmuje się:

przy jasnych ścianach i jasnych sufitach	—	górną	wartość
„ średnich „ „ średnich „	—	średnią	
„ jasnych „ „ ciemnych „	—	dolną	
„ ciemnych „ „ ciemnych „	—	średnią	
„ ciemnych „ „ jasnych „	—	średnią	

Współczynnik rezerwy r uwzględnia narastające z biegiem
 czasu straty strumienia świetlnego spowodowane zakurzeniem
 się oraz starzeniem się żarówek. Normy radzieckie przyjmują
 współczynnik rezerwy od 1,3 do 1,5²²⁾. Dolna granica odnosi się
 do pomieszczeń, w których kurz i dym wytwarza się w nie-
 znacznych ilościach (biura, szatnie, umywalnie, hale maszyn,
 w elektrowni itp.). Górną granicę należy stosować do pomie-
 szczeń, w których wytwarza się wiele kurzu, dymu i sadzy
 (kuźne, odlewnie, cementownie, młyny itp.).

Całkowity strumień świetlny oblicza się sumując strumienie
 poszczególnych żarówek. Niektóre wytwórnie żarówek podają
 strumień świetlny żarówki w dekalumenach (1 dekalumen
 równa się 10 lumenom) na części metalowej lub szklanej ża-
 rówki. Jeżeli żarówka nie posiada tej danej, należy wartość
 strumienia znaleźć w mocy żarówki, która jest na żarówce zaw-
 sze podawana w watach. Do tego celu ma służyć poniższa ta-

²²⁾ Knorring G. M. — Sprawocznik dla projektowania elektryczesko-
 wo oswieszczenia — Wyd. Gosenergizdat, Moskwa — Leningrad, 1948

belka, która podaje wielkość strumienia świetlnego w zależności od mocy żarówki ²³⁾).

Tab. 7.
Zależność strumienia świetlnego żarówki od jej mocy.

Moc żarówki	Strumień świetlny	
	przy 110 V	przy 220 V
w watach	w lumenach	w lumenach
25	270	240
40	560	480
60	915	805
75	1210	1060
100	1710	1510
150	2620	2280
200	3620	3220
300	6000	5250
500	10500	9500
750	16500	15300
1000	23500	21000

Jak z tej tabelki wynika, żarówki o większej mocy są ekonomiczniejsze. Gdy dla małych żarówek wydajność wynosi około 10 lumenów na 1 wat, to dla dużych wydajność przekracza 15 lumenów na wat, czyli jest wyższa o 50%, a nawet więcej. Wydajność żarówek 110-woltowych jest o około 10% większa niż 220-woltowych.

P r z y k ł a d.

Dana jest hala montażowa podwozi i silników samochodowych o wymiarach $15\text{ m} \times 60\text{ m} = 900\text{ m}^2$ (część podwoziowa posiada wymiary $15\text{ m} \times 40\text{ m}$, część zaś silnikowa — $15\text{ m} \times 20\text{ m}$). Wysokość hali — 6,5 m. Hala jest oświetlona 27 żarówkami (po 9 żarówek w 3 rzędach); moc poszczególnych żarówek — 150 W, napięcie nominalne (podane na żarówce) — 220 V.

²³⁾ Kalendarzyk elektrotechniczny — Wyd. Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa, 1948.

System oświetlenia hali: ogólny, bezpośredni.

Zadanie: obliczyć średnią jasność oświetlenia hali i dostosować instalację odpowiednio do wymogów.

Ponieważ na żarówkach nie podano strumienia świetlnego — posilkujemy się podaną wyżej tabelką i przyjmujemy dla żarówki 150-watowej na napięcie 220 V strumień świetlny 2280 lumenów. Całkowity strumień wszystkich żarówek wynosi zatem $2280 \times 27 = 61.560$ lumenów.

Przyjmujemy również współczynnik sprawności dla oświetlenia bezpośredniego $s = 0,5$, a współczynnik rezerwy $r = 1,4$. Przy tych założeniach średnia jasność w hali wynosi:

$$E = \frac{S}{F} \times \frac{61560}{900} \times \frac{0,5}{1,4} = 24,4 \text{ luksów}$$

Porównajmy ten wynik z wymaganiami podanymi w orientacyjnej tabelce jasności w uzależnieniu od rodzaju wykonywanych prac, przedstawionej na str. 91.

Jeżeli montaż podwozi będziemy traktowali na równi z „montowaniem dość dużych części“, a montaż silników znajdzie swój odpowiednik w „montowaniu mniejszych części“, to odpowiednie pożądane jasności — zgodnie z liczbami podanymi w poz. 3 i w poz. 4 tabelki — powinny wynosić:

dla części podwoziowej hali . . . 40 do 80 luksów
„ „ silnikowej 80 do 150 luksów

Jak widzimy średnia jasność w hali znacznie ustępuje tym wymaganiom tak w części silnikowej, jak i podwoziowej. Aby wymaganiom tym odpowiedzieć należałoby podwyższyć jasność średnią w części podwoziowej — dwukrotnie, w części silnikowej zaś trzykrotnie.

Przyjmijmy zatem dla części podwoziowej żarówki 300-watowe, dla części silnikowej 500-watowe w miejsce dotychczasowych 150-watowych. W części podwoziowej znajduje się 3×6 czyli 18 żarówek, w silnikowej zaś 3×3 , tj. 9 żarówek.

Na podstawie tych danych obliczamy średnie jasności obu części hali po podwyższeniu mocy instalacji:
dla części podwoziowej

$$E = \frac{18 \times 4250}{600} \times \frac{0,5}{1,4} = 56,2 \text{ luksów}$$

dla części silnikowej

$$E = \frac{9 \times 9500}{300} \times \frac{0,5}{1,4} = 1018 \text{ luksów}$$

Średnia jasność całego pomieszczenia podwyższa się na:

$$E = \frac{(18 \times 5250 + 9 \times 9500) \times 0,5}{900 \times 1,4} = 67,3 \text{ luksów}$$

Moc żarówek wynosiła pierwotnie $27 \times 150 \text{ W} \dots 4050 \text{ W}$
po podwyższeniu mocy $18 \times 300 \text{ W} + 9 \times 500 \text{ W} \dots 9900 \text{ W}$

W ten sposób przy niespełna 2,5-krotnym zwiększeniu mocy instalowanej uzyskano prawie 3-krotnie podwyższenie jasności w hali.

Tab. 8.

Zależność jasności od mocy i napięcia zainstalowanych lamp.

Moc lamp w watach	Jasność średnia w luksach przy mocy zainstalowanej 10 W/m ²			
	Oświetlenie bezpośrednie		Oświetlenie półpośrednie	
	110 — 120 V	220 V	110 — 120 V	220 V
60	54	48	43	38
75	57	50	46	40
100	61	54	49	43
150	63	55	51	44
200	65	57	52	46
300	71	62	57	50
500	75	68	60	54
750	79	73	63	58
1000	84	75	67	60

Istnieją jeszcze inne proste sposoby określenia jasności średniej dla celów orientacyjnych, np. *metoda nomogramowa*.

W metodzie tej na podstawie danych co do powierzchni oświetlenia oraz mocy lamp odczytujemy jasność średnią z wykresu ²⁵⁾.

Znacznie prostszą metodą obliczenia jasności średniej, aczkolwiek nieco mniej dokładną niż strumieniowa, jest *metoda watowa* stosowana głównie dla celów orientacyjnych. W metodzie tej posługuje się tabelą jasności średnich obliczonych przy założeniu, że na 1 m² oświetlonej powierzchni przypada 10 watów zainstalowanej mocy dla celów oświetlenia. Na tej zasadzie zbudowana jest tabela 8 (str. 97), przy czym jako dalsze założenia przyjęto współczynnik rezerwy $r = 1,4$ oraz współczynniki sprawności : $s = 0,5$ dla oświetlenia bezpośredniego i $s = 0,4$ dla oświetlenia półśredniego.

P r z y k ł a d:

Sprawdźmy, jakie różnice wynikają z obliczenia jasności obiema metodami. Dla porównania obliczymy średnią jasność za pomocą metody watowej dla warunków oświetlenia określonych w poprzednim przykładzie.

Moc zainstalowana na 1 m² wynosi:

(18 lamp po 300 W) : 600 m² = 9 W/m² — dla części podwoziowej,

(9 lamp po 500 W) : 300 m² = 15 W/m² — dla części silnikowej.

Z powyższej tabeli odczytujemy w kolumnie „Oświetlenie bezpośrednie“ „Napięcie 220 V“ dla lamp 300-watowych jasność 62 luksów, dla 500-watowych lamp — 68 luksów. Ponieważ w części podwoziowej zainstalowano tylko 9 W/m² (tabela obliczona dla mocy zainstalowanej 10 W/m²) zatem rzeczywistą jasność w tej części można uzyskać przez pomniejszenie odczytanej wartości w stosunku 9 : 10. Zatem jasność w części podwoziowej wynosi: (62 × 9) :

²⁵⁾ Szalek R. mgr. inż. — Jak należy oświetlać — Wyd. Główny Instytut Pracy, Warszawa, 1949.

: 10 = 55,8 luksów, natomiast dla części silnikowej:
(68 × 15) : 10 = 101,9 luksów, gdyż zainstalowano tu
15 W/m².

Jak widzimy, różnice wynikające z obliczenia obiema metodami są nieznaczne.

4. ZWIĘKSZANIE JASNOŚCI OŚWIETLENIA

Można przypuszczać z dużym prawdopodobieństwem, że po przeprowadzeniu pomiarów względnie obliczeń jasności w pomieszczeniach naszych zakładów pracy, okaże się, iż w większości przypadków jasności są za skąpe w porównaniu z pożądanymi (podanymi w tabelce na str. 91, wobec czego — w pierwszym etapie racjonalizacji oświetlenia, jasności w pomieszczeniach trzeba będzie odpowiednio zwiększyć.

Nasuającym się w pierwszym rzędzie sposobem zwiększenia jasności jest podwyższenie strumienia świetlnego źródeł światła. Zwiększenie ogólnego strumienia świetlnego w pomieszczeniu można uzyskać dwiema drogami: przez powiększenie mocy poszczególnych źródeł światła przy równoczesnym zachowaniu ogólnej ich ilości, lub też przez zwiększenie liczby punktów świetlnych przy zachowaniu mocy poszczególnych źródeł. Oczywiście można też oba sposoby łączyć.

Podwyższenie mocy poszczególnych punktów świetlnych posiada tę zaletę, że mocniejsze żarówki są ekonomiczniejsze, tj. zużywają mniej energii niż żarówki o mniejszej mocy na wytworzenie strumienia tej samej wielkości. Wydajność żarówki 25-watowej wynosi 8 do 10 lumenów na 1 wat, 500-watowa żarówka posiada wydajność 18 do 20 lumenów na 1 wat, przy czym dolne wartości odnoszą się do żarówek na napięcie 220 V, górne zaś na napięcie 110 V (por. tabelkę na str. 95).

Zwiększenie mocy poszczególnych żarówek może za sobą

pociągnąć potrzebę wymiany osłon, które mogą się okazać nieodpowiednie dla żarówek o większej mocy, ale i ten wydatek zawsze się opłaci, jeżeli się weźmie pod uwagę podniesienie wydajności pracy i poprawę stanu bezpieczeństwa.

Zwiększenie liczby punktów świetlnych nie przynosi wprawdzie ze sobą zwiększenia ekonomii w zużyciu energii, jak sposób poprzedni, posiada natomiast inną bardzo cenną zaletę, poprawia mianowicie równomierność oświetlenia wnętrza. W większości przypadków korzyść tę należy uważać za bardziej istotną niż zwiększenie ekonomii oświetlenia przez podwyższenie wydajności punktów świetlnych.

Powiększenie mocy instalacji oświetleniowej pociąga za sobą oczywiście zwiększenie natężenia prądu w przewodach doprowadzających oraz zwiększa spadek napięcia między złączem a żarówką.

Przy zbyt dużym spadku napięcia żarówka otrzymuje napięcie niższe niż nominalne (tj. to, na które została zbudowana i które jest podane przez wytwórcę na żarówce). Strumień świetlny żarówki jest silnie uzależniony od napięcia, przy którym żarówka pracuje. Przy napięciu niższym o 1,5% od nominalnego strumień świetlny żarówki obniża się o ok. 5%, przy obniżce napięcia o 3% — spadek strumienia przekracza 12%. Z tego względu spadek napięcia na przewodach oświetleniowych nie powinien przekraczać 1,5%. Przy zwiększeniu mocy instalacji należy przeliczyć, czy spadek napięcia nie przekroczył tej normy, a jeżeli tak, to należy wymienić przewody istniejące na przewody o większym przekroju.

P r z y k ł a d.

W hali montażowej postanowiono podwyższyć moc instalacji oświetleniowej z 4050 na 9900 watów (por. przykład ze str. 95). Dany jest przekrój przewodów doprowadzających — 35 mm², a pojedyncza ich długość — 90 m. Napięcie

nominalne 220 V, zatem dopuszczalny 1,5% spadek napięcia wynosi 3,3 V.

Spadek napięcia oblicza się ze wzoru:

$$u = \frac{2 \times P \times l}{g \times q \times U}$$

Symbole we wzorze tym oznaczają:

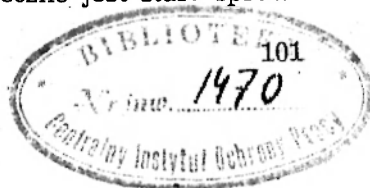
- P — całkowitą moc instalacji świetlnej w watach (W),
- l — długość pojedynczą przewodów w metrach (m),
- g — przewodność elektryczną, która dla miedzi wynosi 57,
- q — przekrój przewodów w milimetrach kwadrat. (mm²),
- U — napięcie nominalne w woltach (V).

Podstawiając dane wartości we wzór otrzymujemy:

$$u = \frac{2 \times 9900 \times 90}{57 \times 35 \times 220} = 4,05 \text{ V}$$

Obliczony spadek przekracza więc znacznie spadek dopuszczalny, wobec czego należy podwyższyć przekrój przewodów do następnego przekroju znormalizowanego, tj. z 35 na 50 mm². Wtedy spadek napięcia obniży się w tym samym stosunku, w jakim zwiększył się przekrój przewodów, czyli $u = (4,05 \times 35) : 50 = 2,84 \text{ V}$, a więc nie przekracza spadku dopuszczalnego.

Przez podwyższenie mocy instalacji oświetleniowej można zwiększać jasność pomieszczeń w bardzo szerokich granicach. Istnieją również inne sposoby rozjaśniania pomieszczeń w bardzo obszernych granicach, wprowadzie nie w takim stopniu jak podwyższenie mocy instalacji, niemniej jednak przyczyniają się do poprawiania jasności w istotny sposób, przy stosunkowo niewielkich nakładach. Przy oświetleniu pośrednim i półpośrednim jasność w pomieszczeniach jest w dużym stopniu zależna od stanu ścian i sufitów. Jasne, czyste, wybielone ściany i sufity odbijają do 80% padających na nie promieni, współczynnik odbicia dla ścian brudnych i zakurzonych, spada na 20%, a nawet poniżej. Dlatego też konieczne jest stałe spraw-



dzanie oraz utrzymywanie czystości ścian i sufitów, szczególnie w pomieszczeniach, gdzie warunki wytwarzania wywołują duże ilości kurzu, ponieważ w ten sposób można uzyskać do 50% zwiększenia jasności oraz znaczną poprawę tak bardzo potrzebnej dla prawidłowego działania wzroku równomierności oświetlenia.

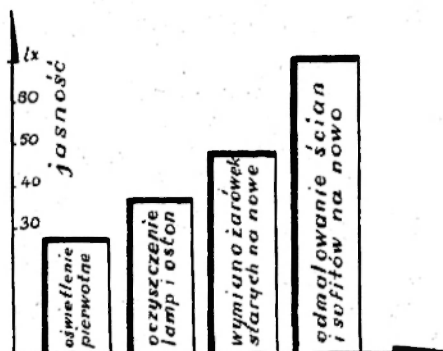
Podobnie trzeba dbać o stałą czystość żarówek i osłon, gdyż osad kurzu gromadzący się na nich pochłania znaczną część strumienia świetlnego. Straty strumienia z tego tytułu mogą wynosić nawet kilkadziesiąt procent.

Z wymianą żarówek starych na nowe nie należy również czekać do czasu ich przepalenia się (po 800 do 1000 godzinach świecenia), gdyż z upływem czasu świecenia strumień świetlny żarówek obniża się, a i *wydajność świetlna* (liczba lumenów na 1 wat mocy żarówki) tak znacznie spada, że z czasem żarówka staje się nieekonomiczna. Na ogół wymiana żarówek starych na nowe opłaca się niejednokrotnie już po 800 godzinach świecenia. Zmniejszenie się strumienia świetlnego żarówki można sprawdzić przy pomocy luksomierza, to też wskazane jest, by większe zakłady pracy zaopatrzyły się w ten przyrząd.

W wielu krajach, gdzie przeprowadzono bardzo szczegółowe badania pod tym względem, stwierdzono, że czystość i porządek posiadają doniosły wpływ na dobroć oświetlenia. Podajemy tu dla przykładu bardzo ciekawe obserwacje i liczby zawarte w wymienionej już pracy Luckiesha, wykazujące znaczny wpływ konserwacji urządzeń oświetleniowych (do których zaliczyć należy nie tylko żarówki i osłony, lecz również ściany i sufity) na podniesienie wartości oświetlenia: ²⁶⁾

1. Przy pomiarach jasności w jednym z zakładów przemysłowych określono średnią jasność oświetlenia ogólnego na 27 luksów.

²⁶⁾ Pawlikowski J. dr inż. — j. w. pod ⁹⁾ na str. 28.



Rys. 26 przedstawia wyniki ulepszeń oświetlenia elektrycznego pomieszczeń pracy w jednej z wytwórni leningradzkich.

Po umyciu osłon lamp i ich oczyszczeniu jasność podniosła się do 37 luksów.

Po oświetleniu ścian i sufitów nastąpił ponowny wzrost jasności do wartości 71 luksów.

W ten sposób uporządkowanie instalacji podniosło jasność pomieszczeń w tym zakładzie o ponad 160%.

2. W jednym z większych zakładów przemysłowych zamiana zużytych żarówek oraz odczyszczenie osłon podniosło jasność w pomieszczeniach z 12 na 30 luksów, czyli o przeszło 260%.
3. Na rys. 24 przedstawione są wyniki ulepszeń oświetlenia elektrycznego pomieszczeń pracy w jednej z wytwórni leningradzkich.

Po oczyszczeniu lamp i osłon, po wymianie żarówek starych na nowe oraz odmalowaniu ścian i sufitów uzyskano tam prawie trzykrotny wzrost jasności w pomieszczeniach ²⁷⁾.

²⁷⁾ Kowalew A. P. — j. w. pod ⁴⁾ na str. 23.

5. RÓWNOMIERNOŚĆ OŚWIETLENIA

Jak to już zaznaczono w rozdz. I, nierównomierność oświetlenia wywiera bardzo szkodliwy wpływ na narząd wzroku, bowiem siatkówka oka, uczulając się na jasność średnią w polu widzenia z trudem tylko znosi większe odchylenia od tej wartości, co upośledza w wysokim stopniu widzenie, a nawet je uniemożliwia.

Zjawisko to, zwane olśnieniem wzroku występuje przy oświetleniu elektrycznym znacznie częściej niż przy świetle dziennym, które wykazuje nieporównanie większą równomierność niż sztuczne. Ponadto przy świetle dziennym nie widzimy źródła światła bezpośrednio, jak to się nieraz spotyka przy źle urządzonym oświetleniu sztucznym wskutek zbyt niskiego zawieszenia lamp lub też użycia nieodpowiednich osłon względnie reflektorów. Również olśnienie promieniami odbitymi od gładkich powierzchni zdarza się częściej przy oświetleniu sztucznym, gdyż kąt padania promieni (kąt zawarty między kierunkiem promieni i kierunkiem prostopadłym do oświetlonej płaszczyzny) przy bocznym oświetleniu dziennym powoduje ich odbicie pod takim kątem, że promienie te nie docierają na ogół do oczu pracującego. Większe niebezpieczeństwo olśnienia przynosi ze sobą światło dzienne górne, ale i w tym przypadku jest ono mniejsze niż przy świetle sztucznym ze względu na duże rozpróśnienie, szczególnie w budynkach szedowych, doprowadzających światło górne od północnej strony.

Z tych względów przy oświetleniu sztucznym należy położyć specjalną wagę na jego równomierność. Jako *miarę nierównomierności oświetlenia* przyjmuje się stosunek jasności średniej w pomieszczeniu do jasności najciemniejszych partyj tego pomieszczenia. Stosunek ten przy dobrym oświetleniu nie powinien być większy niż 3 : 1 dla prac dokładnych, względnie 4 : 1 dla robót grubszych. Stosunek najwyższej i najniższej jasności w pomieszczeniu przy dobrym oświetleniu może wahać się

w granicach od 10 : 1 do 100 : 1, przy czym niższa rozpiętość dotyczy prac grubszych, wyższa zaś precyzyjnych (por. tabelkę jasności na str. 91).

Również sąsiadujące ze sobą pomieszczenia nie powinny wykazywać zbyt wielkich różnic jasności, gdyż przy przechodzeniu z jednego pomieszczenia do drugiego może powstać olśnienie podobne w skutkach, jak olśnienie spowodowane blaskiem źródła światła lub blaskiem promieni odbitych od gładkich powierzchni.

Równomierne oświetlenie sztuczne można uzyskać rozmaitymi środkami, poprzez: stosowanie oświetlenia pośredniego i półpośredniego, użycie odpowiednich osłon, instalowanie odpowiednio dużej gęstości punktów świetlnych oraz wystarczająco wysokie zawieszenie lamp.

Oświetlenie pośrednie jest wprawdzie najbardziej równomierne, ale stosunkowo drogie w eksploatacji i konserwacji oraz nie nadaje się tam, gdzie praca wymaga tworzenia cieni. Najbardziej godnym polecenia systemem oświetlenia sztucznego jest oświetlenie półpośrednie, które w zależności od tego, jaką część strumienia świetlnego kierujemy w dół, daje możliwość jak najdalej idącej regulacji równomierności.

Duży wpływ na równomierność oświetlenia posiada liczba punktów świetlnych w pomieszczeniu. Przy zbyt małej liczbie lamp oświetlenie staje się nierównomierne przez tworzenie się wysp ciemnych i jasnych w zależności od tego, w jakim oddaleniu od lampy znajduje się dane miejsce. Z tej przyczyny przyjmuje się jako wskazówkę praktyczną, że odległość poszczególnych lamp nie powinna być większa niż 1,5-krotna wysokość zawieszenia lamp nad poziomem pracy.

P r z y k ł a d.

W przykładzie na str. 95 podano, że hala montażowa o wymiarach 15 m \times 60 m, czyli 900 m² posiada 3 \times 9, czyli 27 lamp. Wysokość zawieszenia tych lamp wynosi 2,7 m nad poziomem roboczym.

Ponieważ równomierność oświetlenia wymaga odległości lamp co najmniej $1,5 \times 2,7$, czyli okrągło 4,0 m, to na szerokość hali powinny być najmniej 3 lampy, na długość 15, czyli razem 3×15 , tj. 45 lamp zamiast 27. Na część podwoziową przypada 3×10 , czyli 30 lamp, na silnikową 3×5 , tj. 15 lamp.

Aby osiągnąć pożądaną jasność 40 do 80 luksów (por. przykład ze str. 95) nie potrzebujemy już zwiększać mocy poszczególnych żarówek, bo jasność średnia dla części podwoziowej po zwiększeniu liczby żarówek wypada:

$$E = \frac{30 \times 2280}{600} \times \frac{0,5}{1,4} = 40,7 \text{ luksów}$$

Do osiągnięcia wymaganej jasności 80 do 150 luksów w części silnikowej wystarczy podwyższenie mocy żarówek do 300 watów zwiększenia ich liczby.

$$E = \frac{15 \times 5250}{300} \times \frac{0,5}{1,4} = 93,6 \text{ luksów.}$$

Dalszym sposobem poprawienia równomierności oświetlenia jest *zwiększenie wysokości zawieszenia lamp*.

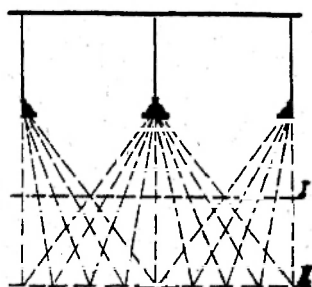
W przypadku oświetlenia ogólnego bezpośredniego zwiększenie wysokości zawieszenia lamp obniża wprawdzie jasność pochodzącą od lampy znajdującej się bezpośrednio nad stanowiskiem, dochodzą jednak jasności od sąsiednich lamp, przez co jasność średnia niewiele się zmniejsza, a równomierność oświetlenia znacznie zyska.

Ilustruje to rys. 27, na którym każda lampa przy mniejszej wysokości zawieszenia (poziom I) oświetla tylko jedno stanowisko, przy podwyższeniu wysokości (poziom II) — każde stanowisko jest oświetlone dodatkowo przez sąsiednie lampy.

Podobnie przy oświetleniu pośrednim i półpośrednim — utrata jasności spowodowana zwiększeniem wysokości zawieszenia lamp zostaje w dużej mierze skompensowana przez zwiększone

odbicie promieni od sufitu i ścian, pod warunkiem, że te powierzchnie są jasne.

Równomierność oświetlenia można również skutecznie poprawić przez zastosowanie specjalnych osłon do lamp, np. nowoczesnych osłon wielkopowierzchniowych, umożliwiających tak silne i równomierne oświetlenie, że niejednokrotnie odpada potrzeba dodatkowego oświetlenia stanowisk pracy.



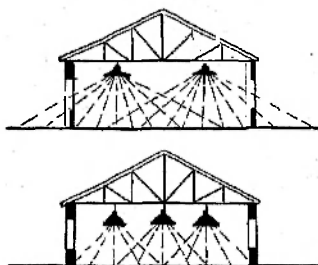
Rys. 27

ilustruje zależność równomierności oświetlenia od wysokości zawieszenia lampy; każda lampa przy mniejszej wysokości zawieszenia (poziom I) oświetla tylko jedno stanowisko, przy podwyższeniu wysokości (poziom II)—każde stanowisko jest oświetlone dodatkowo przez sąsiednie lampy.

Przy omawianiu równomierności oświetlenia nie można także pominąć wydatnego wpływu czystości sufitu i ścian. Malowanie na jasne kolory ścian i sufitów oraz jasne urządzenie wnętrz nie tylko znacznie podwyższa jasność oświetlenia, ale także zwiększa jego równomierność, ściany bowiem i sufity odbijając promienie we wszystkich kierunkach działają rozpraszająco, rozjaśniając w ten sposób równomiernie pomieszczenie. Z tego względu w tych pomieszczeniach, w których ściany posiadają duże powierzchnie okienne należy stosować przy oświetleniu sztucznym w celu podniesienia równomierności zasłony jasne, dobrze odbijające światło. Ten sam cel można naturalnie osiągnąć przez zwiększenie liczby lamp w pomieszczeniu przy zastosowaniu właściwych osłon.

Rys. 28 przedstawia niewłaściwy i właściwy sposób oświetlenia ogólnego hali fabrycznej o ścianach z dużymi otworami okiennymi. Górny rysunek wskazuje, jak się marnuje energia elektryczna przez oświetlenie obiektów poza halą niewymaga-

jących tego, a równomierność oświetlenia cierpi wskutek zbyt małej liczby lamp; nadto istnieje możliwość olśnienia z powodu zastosowania nieodpowiednich osłon.



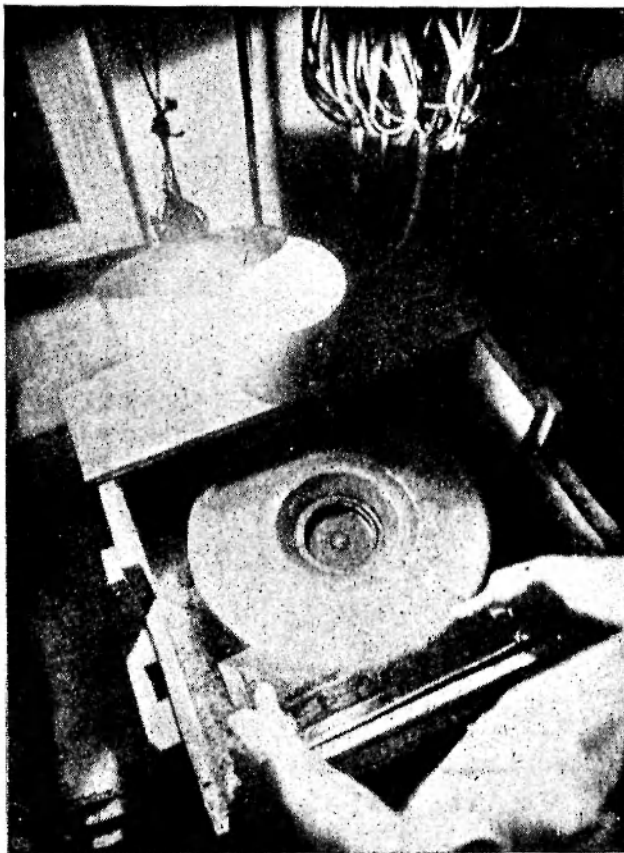
Rys. 28 przedstawia niewłaściwy i właściwy sposób oświetlenia ogólnego hali fabrycznej. Górny rysunek wskazuje niewłaściwe rozmieszczenie punktów świetlnych oraz zastosowanie nieodpowiednich w danym przypadku reflektorów szerokokątnych.

Dolny rysunek pokazuje jak zostały usunięte te wady przez zwiększenie liczby lamp oraz zastosowanie osłon właściwych.

Jeżeli istnieje możliwość olśnienia blaskiem źródła, które się znajduje w polu widzenia, np. gdy oko jest narażone na obserwowanie żarzącego się włókna nisko zawieszanej żarówki (np. przy oświetleniu miejscowym), stosuje się osłony nieprzepuszczające światła, względnie obniża się blask źródła przez użycie osłon silnie rozpraszających światło, a więc ze specjalnego szkła mlecznego, deseniowego, z papieru lub gęstych tkanin. Szkło matowe nie zawsze stanowi wystarczającą ochronę przed olśnieniem. Niewłaściwe i właściwe osłonięcie żarówki przy oświetleniu miejscowym ilustrują rys. 29 i rys. 30.

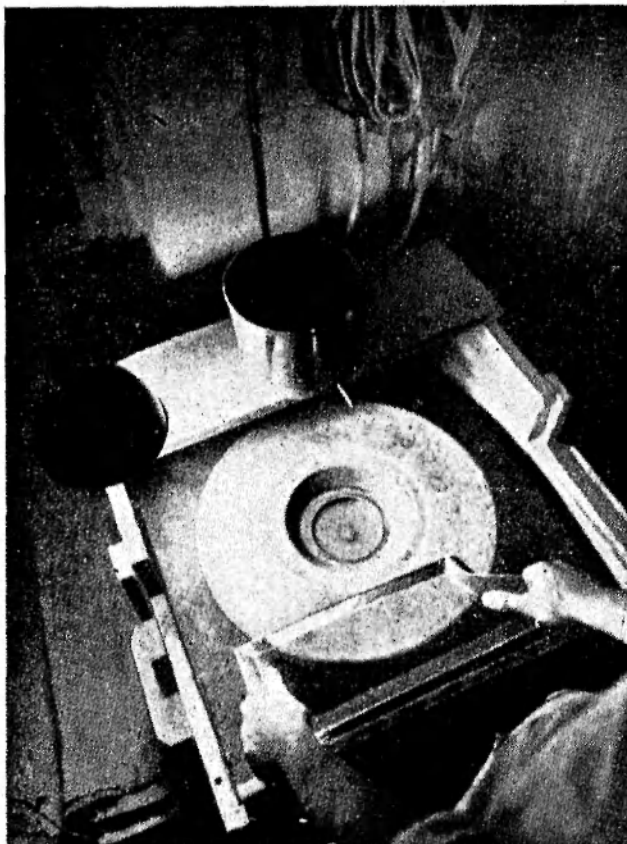
Przy olśnieniu spowodowanym odbłaskiem (refleksem) należy zmienić położenie powierzchni odbijającej lub oka w stosunku do źródła światła w ten sposób, by kierunek patrzenia i kierunek promieni odbitych nie pokrywały się wzajemnie. Z tego względu do oświetlenia miejscowego zaleca się stosowanie lamp przegubowych. Dla uniknięcia odbłasku należy gładkie części metalowe pokrywać o ile możliwości matowymi farbami, a przy pisaniu i rysowaniu używać matowych papierów i ołówków.

Olśnienie spowodowane lampami znajdującymi się w otocze-



Rys. 29.

Światło wadliwie osłoniętej żarówki olśniewa wzrok pracującego. Krawędź szlifowana żle widoczna ze względu na różnorodne kierunki padających promieni.



Rys. 30.

Dobre osłonięcie żarówki głębokim reflektorem zabezpiecza oczy pracującego przed bezpośrednimi promieniami żarówki, a odpowiednio dobrany kierunek padania promieni ułatwia widzenie obrabianej krawędzi.

niu można zmniejszyć przez podwyższenie ich zawieszenia lub też przez zwiększenie jasności miejsc pracy, np. przez wprowadzenie oświetlenia miejscowego. Olśnieniu wywołanemu większymi powierzchniami świecącymi w polu widzenia (jak np. ściany i sufity) można również zapobiec przez podwyższenie jasności stanowisk pracy.

Poniżej podaje się bardzo ciekawy przykład szkodliwego działania olśnienia na wydajność pracy ²⁸⁾:

	Liczba ryz	Czas w min.	Ark. na min.	Liczba błędów
Oświetlenie dzienne	87	360	26,8	6
Oświetlenie sztuczne stare (300 watów — z olśnieniem)	72	445	23,3	41
Oświetlenie sztuczne nowe (300 watów, bez olśnienia)	80	405	28,4	5

Tabliczka ta odnosi się do jednej z fabryk papieru, w której podczas sortowania papieru przy sztucznym oświetleniu popełniano znacznie więcej błędów, niż przy dziennym. To oświetlenie sztuczne było nawet wystarczająco silne, dawało bowiem jasność 300 luksów, ale wskutek użycia nad stołami sortowniczymi żarówek bez osłon, światło to wywoływało olśnienie. Przy dokładniejszym badaniu okazało się, że szybkość sortowania, która przy świetle dziennym wynosiła 26,8 ark/min, przy silnym, ale olśniewającym świetle sztucznym spadała do 23,3 ark/min. Po zastosowaniu lamp dobrze rozpraszających światło z 300-watowymi żarówkami szybkość sortowania wzrosła do 28,4 ark/min. O wiele jaskrawsze różnice wykazały liczby błędów sortowniczych. Przy sortowaniu 87 ryz w świetle dziennym po-

²⁸⁾ Schneider L. — j. w.

pełniono 6 błędów, przy oświetleniu olśniewającym liczba błędów wzrosła do 41 przy sprawdzeniu 72 ryz, przy nie-olśniewającym świetle sztucznym na 80 zbadanych ryz było tylko 5 błędów.

Przykład ten silnie uwydatnia w jak znacznym stopniu może wpłynąć olśnienie na jakość i ilość produkcji.

Ponieważ oświetlenie elektryczne jest na ogół znacznie bardziej kontrastowe niż dzienne, bardzo ważną przy tego rodzaju oświetleniu staje się sprawa *tworzenia cieni*. Wiemy już z rozważań ogólnych, że zbyt słabe i łagodne cienie utrudniają ocenę przestrzennej budowy przedmiotów, natomiast zbyt ostre i głębokie cienie stają się przeszkodą w dokładnym spostrzeganiu wskutek dużego kontrastu. Dlatego też oświetlenie dla prac wymagających spostrzegania przestrzennego kształtu przedmiotów potrzebna jest pewna cienistość, nie może ona jednak być zbyt wielką. Miarą cienistości oświetlenia jest *współczynnik cienistości*, tj. stosunek jasności oświetlenia części zacienionych do jasności niezacienionych części przedmiotu.

Niemieckie normy oświetlenia sztucznego przewidują jako najmniejszy dopuszczalny współczynnik cienistości dla pomieszczeń pracy — 0,2, najwyższy zaś — 0,8 ²⁹⁾.

Oznacza to, że co najmniej 20% i co najwyżej 80% sumy strumieni źródeł światła w pomieszczeniu powinno być skierowane bezpośrednio w dół przez zastosowanie odpowiednich osłon. Dotyczy to oczywiście tylko tych pomieszczeń, gdzie zachodzi potrzeba oceny bryłowatości przedmiotów. Gdy wymaganie takie odpada np. dla sal wykładowych i kreślarskich oraz dla biur, można stosować oświetlenie pośrednie o współczynniku cienistości mniejszym niż 0,2.

Pozostaje jeszcze do omówienia kwestia *nierównomierności*

²⁹⁾ Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht — j. w. pod ¹⁾ na str. 14.

oświetlenia w czasie (niejednostajności) czyli migania światła. Wahania jasności oświetlenia w czasie — z wyjątkiem zmian powolnych i przebiegających w sposób ciągły — przynoszą takie same szkodliwe następstwa, jak olśnienie spowodowane jednoczesną nierównomiernością jasności poszczególnych części pola widzenia. Prowadzą więc przede wszystkim do szybkiego znużenia wzroku. W miarę zmniejszania się różnic jasności, a ze wzrostem częstotliwości tych wahań stają się one coraz mniej dotkliwe dla wzroku. Częstotliwość 50 okresów na sekundę, najczęściej spotykana przy prądzie zmiennym nie daje się praktycznie odczuwać, a przy żarówkach o grubszych włóknach żarzeniowych (o dużej bezwładności cieplnej) nawet częstotliwości 16 i $\frac{2}{3}$ okresów na sekundę nie jest szkodliwa dla wzroku. Często można się spotkać z miganiem światła w zakładach pracy posiadających własne prądnice oświetleniowe napędzane silnikami tłokowymi. Mogą być one spowodowane albo nierównomiernością szybkości obwodowej wałów w ciągu jednego obrotu lub też małą liczbą obrotów silnika. W pierwszym przypadku wahanom można zaradzić jedynie przez powiększenie ciężaru koła zamachowego (zwiększenie bezwładności), w drugim zaś przez wymianę prądnicy na prądnicę o większej liczbie biegunów, celem zwiększenia częstotliwości prądu; ten sam skutek można osiągnąć przez wymianę silnika na wysokoobrotowy.

W zakładach pracy posiadających większą liczbę silników elektrycznych zasilanych z tych samych przewodów, co i lampy oświetleniowe, występuje miganie wywołane załączaniem i wyłączaniem silników. Wadę tę należy usunąć przez urządzenie oddzielnego obwodu zasilającego dla oświetlenia.

Bardzo szybkie wahania jasności oświetlenia, których oko nie odczuwa całkowicie przy obserwowaniu przedmiotów w stanie spoczynku, mogą wywołać obraz spoczynku lub też ruchu powolnego przedmiotów obracających się bardzo szybko. Występuje to np. przy ruchu kół zamachowych lub wentyla-

torów napędzanych silnikami synchronicznymi, zasilanymi prądem o tej samej częstotliwości, co prąd użyty do oświetlenia. W tym przypadku dla bezpieczeństwa należy stosować odpowiednie urządzenia ochronne, np. ogrodzenia lub napisy ostrzegawcze. Zjawisko powyższe, zwane stroboskopowym występuje szczególnie silnie przy oświetleniu lampami fluoryzującymi, jednak technika znalazła już proste środki eliminujące w dużym stopniu to zjawisko w omawianym rodzaju oświetlenia.

Wyniki rozważań na temat oświetlenia elektrycznego dadzą się krótko ująć następująco:

Głównymi warunkami bezpiecznej, higienicznej i wydajnej pracy przy oświetleniu elektrycznym są:

odpowiedni dobór oświetlenia w zależności od rodzaju wykonywanych prac oraz stanu ścian i sufitów w pomieszczeniach, wystarczająca moc instalowanych żarówek gwarantująca wymaganą jasność dla danych prac,

odpowiedni dobór osłon lamp zapobiegający olśnieniu pracowników, niedopuszczający do zbyt ostrych i głębokich cieni.

wysokość zawieszenia lamp zapobiegająca olśnieniu i zapewniająca równomierność oświetlenia wnętrza,

rozmieszczenie lamp zapobiegające cieniem rzuconym przeszkadzającym w pracy oraz dostosowane do wymogów równomierności oświetlenia,

stała troska o czystość instalacji oświetleniowej, tj. żarówek i osłon oraz lamp i sufitów, co ma olbrzymi wpływ na jasność i równomierność oświetlenia.

IV

ZAŁĄCZNIKI

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

	<i>Str.</i>
1. <i>Tabela jasności</i>	117
2. <i>Wpływ barw na widzenie</i>	125
3. <i>Literatura</i>	133
4. <i>Skorowidz alfabetyczny</i>	137
5. <i>Streszczenie w języku rosyjskim</i>	145
6. <i>Streszczenie w języku angielskim</i>	147

Tabela jasności średnich przy oświetleniu ogólnym
(na płaszczyźnie pracy) *)

Grupa przemysłu i rodzaj pracy	Pożądana jasność w luksach
OGÓLNE WSKAZANIA	
roboty grubsze — wymagające tylko ogólnego rozróżniania przedmiotów bez żadnych wymagań co do dokładności wykonania	10— 20
roboty średnio-grube — nie wymagające rozróżniania dokładnego szczegółów, wymagające jednak pewnej niedużej dokładności wykonania	20— 40
prace średnie — wymagające zarówno rozróżniania szczegółów, jak też pewnej dokładności wykonania	40— 80
prace dokładne — wymagające dobrego rozróżniania szczegółów, nawet drobnych szczegółów oraz dokładnego wykonania	80—150
prace precyzyjne — wymagające dobrego rozróżniania najdrobniejszych szczegółów i specjalnie dokładnego wykonania	150—300
KOPALNIE WĘGLA	
łamanie, sortowanie, punkty kontrolne	10— 20
obrywka	80—150*)
HUTNICTWO	
wyrób płaskowników, płyt i prętów, hartowania, formowanie i odlewanie	10— 20
walcowanie grube, obcinanie	20— 40
oczyszczanie	20— 40
badanie płyt	40— 60
praca przy automatach, walcowanie na zimno, ciągnięcie drutu, przycinanie do miary	40— 80
PRZEMYSŁ MINERALNY	
Cementownie	
tluczenie, mielenie, przesiewanie, suszenie, wypalanie	20— 40

Grupa przemysłu i rodzaj pracy	Pożądana jasność w luksach
formowanie, prasowanie, oczyszczanie, wykończenie, zdobienie	40— 80
emaliowanie	40— 80
barwienie	40— 80
Huty szkła	
mieszanie, zasypywanie pieca, tłoczenie i dmuchanie szkła, polerowanie	20— 40
szlifowanie, obcinanie do miary, precyzyjne szlifowanie, trawienie	40— 80
zdobienie	80—150
wykończanie precyzyjne, kontrola	150—300
Kamieniolomy	
szyby główne, upadowe, taśmy transportowe	10-- 20
wywracanie wózków, pomieszczenia łamaczy .	10-- 20
P R Z E M Y S Ł M E T A L O W Y	
O b r ó b k a mechaniczna i ręczna p r z e d m i o t ó w d u ż y c h :	
odlewanie żeliwa, oczyszczanie odlewów, ubijanie form, grube walcowanie, kucie, cięcie blachy i żelaza, montowanie dużych zespołów	20— 40
O b r ó b k a mechaniczna i ręczna p r z e d m i o t ó w ś r e d n i e j w i e l k o ś c i :	
proste formowanie, odlewanie wtryskowe, obsługa tokarek, strugarek, gryzarek, automatów, szlifowanie, polerowanie, spawanie i cięcie, montowanie zespołów średniej wielkości	40— 80
O b r ó b k a mechaniczna i ręczna p r z e d m i o t ó w m a ł y c h :	
trudne formowanie, dokładne walcowanie, toczenie, tłoczenie, obróbka blachy na przecinarkach i tłoczkarkach, obsługa automatów, montowanie małych części, badanie powierzchni blachy . .	80—150
O b r ó b k a mechaniczna i ręczna p r e c y z y j n a :	
prace grawerskie, zegarmistrzowskie, jubilerskie, montowanie i sprawdzanie przyrządów pomiarowych i optycznych, polerowanie szkieł optycznych	150—300*)

Grupa przemysłu i rodzaj pracy	Pożądana jasność w luksach
PRZEMYSŁ ELEKTROTECHN. wytwórnie akumulatorów, uzwajanie silników i innych urządzeń, wykonywanie izolacji . . .	40— 80
PRZEMYSŁ CHEMICZNY obsługa pieców podręcznych, zbiorników do podgrzewania, suszarek, krystalizatorów, pieców mechanicznych, generatorów, aparatów destylacyjnych, odparowywaczy, filtrów oraz bielenie, obsługa aparatów do gotowania, ekstrakcji, filtrowania, nitracji, cel elektrolitycznych wytwarzanie barwników laboratoria chemiczne	40— 80 80—150 150—300
Wytwórnice mydła gotowanie, krajanie, wyrób proszku i płatków mydlanych formowanie, napełnianie pudełek i pakowanie	20— 40 40— 80
PRZEMYSŁ WŁÓKIENNICZY	
Bawełna otwieranie bel, trzepanie, gremplowanie przewijanie, ciągnięcie, skręcanie przedzenie obrączkowe snucie materiałów jasnych snucie materiałów ciemnych tkanie materiałów jasnych tkanie materiałów ciemnych postrzyganie, wykończanie brakowanie wyrobów	10— 20 20— 40 20— 40 20— 40 40— 80 40— 80*) 80—150*) 150—300*) 300—*)
Jedwab nawijanie, skręcanie, barwienie, snucie, tkanie, wykończanie materiałów jasnych snucie, tkanie, wykończanie materiałów ciemnych	20— 40 40— 80
Wetna oczyszczanie, pranie itp. sortowanie	20— 40 40— 80

Grupa przemysłu i rodzaj pracy	Pożądana jasność w luksach
przewijanie, gremplowanie	20— 40
snucie materiałów jasnych	20— 40
snucie materiałów ciemnych	40— 80
tkanie	40— 80
postrzyganie, wykończanie	150—300*)
brakowanie wyrobów	300— *)
składy, magazyny	10— 20
P R Z E M Y S Ł P A P I E R N I C Z Y	
szarpanie, rozdrabnianie miazgi	20— 40
obsługa maszyn papierniczych	40— 80
krajanie, wykończanie, zdobienie	80—150
Wytwórnice pudełek tekturowych	
produkcja pudełek	20— 40
składy, magazyny	10— 20
P R Z E M Y S Ł S K Ó R Z A N Y	
Garbarnie	
kadzie garbarskie	10— 20
oczyszczanie, garbowanie, prostowanie skór	20— 40
mizdrowanie, krajanie	40— 80
szpaltowanie, wykończanie	80—150
Wytwórnice obuwia	
ręczna obróbka materiału	80—150
krojenie, klejenie, wykończanie	80—150
szycie obuwia	150—300*)
sortowanie i sprawdzanie	150—300*)
Inne wyroby ze skóry	
zwijanie i prasowanie skór ciemnych i jasnych	40— 80
sortowanie, wyrównywanie, krojenie, szpaltowanie i szycie skór jasnych	80—150*)
sortowanie, wyrównywanie, krojenie, szpaltowanie i szycie skór ciemnych	150—300*)
P R Z E M Y S Ł G U M O W Y	
wytwórnice gumy	40— 80
wyrób przedmiotów z gumy	40— 80

Grupa przemysłu i rodzaj pracy	Pożądana jasność w luksach
wytwórnice opon samochodowych	40— 80
wulkanizowanie	40— 80
PRZEMYSŁ DRZEWNY	
Obróbka mechaniczna i ręczna z grubszą drewna:	
obsługa traków, toczenie z grubszą, ciesiołka obróbka ręczna i mechaniczna na obrabiarkach do drewna, piłach tarczowych i taśmowych, strugarkach, gryzarkach, kopiarkach, zdziernicach	20— 40
Dokładna obróbka mechaniczna i ręczna: klejenie, wykładanie oklejką, roboty bednarskie, toczenie	40— 80
Bardzo dokładna obróbka ręczna i mechaniczna: wykończanie, szlifowanie, polerowanie	80—150
PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY	
Młyny zboża	
oczyszczanie, przemiał	20— 40
sortowanie mąki	40— 80
piekarnie, mleczarnie, olejarnie	20— 40
wytwórnice przetworów owocowych, wytwórnice octu	20— 40
wytwórnice lodu sztucznego	20— 40
WYTWÓRNICE TYTONIU I PAPIEROSÓW	
suszarnie	10— 20
sortowanie	80—150
cięcie, pakowanie	40— 80
PRZEMYSŁ ODZIEŻOWY	
krojenie, szycie, prasowanie, nasycanie (impregnowanie) materiałów jasnych	40— 80
krojenie, szycie, prasowanie, nasycanie (impregnowanie) materiałów ciemnych	80—150

Grupa przemysłu i rodzaj pracy	Pożądana jasność w luksach
Wytwórnice rękawic	
krojenie, prasowanie, szycie, sortowanie, ozdabianie i sprawdzanie	80—150
Wytwórnice kapeluszy	
farbowanie, usztywnianie, folowanie, oczyszczanie, odnawianie, formowanie, robienie kres	40— 80
szycie, prasowanie, wykończanie	80—150
PRZEMYSŁ POLIGRAFICZNY	
robienie matryc, odlewanie czcionek	40— 80
korekta, litografia, elektrotypia	80—150
linotypia, monotypia, ustawiania maszyn	150—300
sortowanie i pakowanie	40— 80
ZAKŁADY UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ	
Pralnie i czyszczalnie	
przyjmowanie	40— 80
pranie	20— 40
suszenie	20— 40
maglowanie	40— 80
prasowanie	40— 80
sortowanie	40— 80
ekspedycja	20— 40
ZAKŁADY, URZĄDZENIA I PRACE WSPÓLNE DLA RÓŻNYCH GRUP PRZEMYSŁU	
Kotłownie i maszynownie	
obsługa kotłów, doprowadzenie węgla, usuwanie popiołu	20— 40
wyposażenia pomocnicze, pompownie, transformatornie, rozdzielnie elektryczne, maszynownie	40— 80
Warsztaty	
ślusarskie	40— 80
blacharskie	40— 80
kowalskie — kucie dużych przedmiotów	10— 20

Grupa przemysłu i rodzaj pracy	Pożądana jasność w luksach
kowalskie — kucie małych przedmiotów, spawanie	20— 40
spawalnicze	40— 80
szlifierskie i polerskie	40— 80
elektro-mechaniczne	40— 80
samochodowe naprawcze	40— 80
stolarskie	40— 80
tapicerskie	40— 80
Składy	
składy większych przedmiotów	10— 20
składy małych przedmiotów	20— 40
pakowanie w duże paki	20— 40
pakowanie w pudełka	40— 80
Malarnie, lakiernie	
zanurzanie w farbie, natryskiwanie, wypalanie	40— 80
zacieranie, malowanie ręczne, wykończanie . .	80—150*)
dokładne ręczne malowanie i wykończanie . .	150—300*)
specjalnie dokładne malowanie i wykończanie	
ręczne (karoserie samochodów, pudła fortepianów)	300— *)
URZĄDZENIA HIGIENICZNO-SANITARNE	
kuchnie, stołówki	40— 80
izby wypoczynkowe, świetlice	40— 80
umywalnie, łazienki	40— 80
szatnie, rozbieralnie	40— 80
ustępy	40— 80
ambulatoria	80—150

*) Liczby podane tłustym drukiem oznaczają, że dla odpowiadających tym liczbom prac pożądana jest światło, zbliżone barwą do dziennego, gwiazdka zaś *) oznacza, że dla danej pracy obok oświetlenia ogólnego wskazane jest stosować również miejscowe, posługując się w takich przypadkach normami jasności, podanymi w tab. 6 na str. 91.

Załącznik Nr 2

WPLYW BARW NA WIDZENIE *)

Zagadnienie stosowania barw do celów ostrzegawczych znane jest powszechnie już od lat kilkudziesięciu. W różnych krajach wprowadzono barwy umowne dla sygnałów komunikacyjnych, dla oznaczania sprzętu przeciwpożarowego, butli z gazami, rurociągów, filtrów do respiratorów itp. Szereg norm w tym zakresie opracowano w Związku Radzieckim, Ameryce, Anglii i Niemczech. Polska również przejęła i stosowała niektóre normy z tej dziedziny.

Takie zastosowanie barw odbiło się niewątpliwie korzystnie zarówno na warunkach bezpieczeństwa publicznego jak i na bezpieczeństwie pracy. Niemniej przeto, wykorzystanie barw w przemyśle w tak wąskim zakresie nie wyczerpuje użytecznych możliwości i usług, jakie mogą oddać barwy i dla pracownika i dla kierownictwa zakładu pracy.

W okresie ostatniej wojny wypłynęła w niektórych krajach sprawa zastosowania barw dla poprawy warunków widzenia w zakładach pracy. Sprawę

*) Rozdział ten stanowi przeróbkę artykułu autora pt. „Barwy a praca”, jaki ukazał się w miesięczniku „Bezpieczeństwo i Higiena Pracy” Nr 7/8/1948.

zainicjowały wprawdzie wytwórnie farb, którym zależało na zbyciu swych produktów, znalazła ona jednak dość silny odźwięk w przemyśle, a to w związku z tym, że producenci precyzyjnych aparatów do celów wojennych gwałtownie domagali się usprawnienia warunków widzialności przy tego rodzaju produkcji.

Skłoniło to niektóre zakłady pracy do przeprowadzenia doświadczeń w omawianym zakresie. Ze względu na szczupłość obserwacji, brak jest dotychczas miarodajnych danych liczbowych odnośnie korzyści, jakie przynosi racjonalne stosowanie barw w zakładzie pracy, niemniej przeto szereg argumentów, które poniżej przytoczymy, należy uznać za tak ważne i zrozumiałe, tak ważne i nieodparte, iż w związku z tym potrzeba racjonalizacji barw dla poprawy warunków widzenia przy pracy nasuwa się automatycznie.

Jasne jest, że wzrok ludzki pracuje najlepiej w warunkach naturalnych, a więc w takich, jakie najczęściej spotyka w przyrodzie. Oko przyzwyczaja się do błękitu nieba, do zieleni drzew, do jaskrawej bieli śniegu, do fioletu lub granatu cieni na śniegu oraz do zmian całej skali barw od świtu do zmierzchu, od wiosny przez lato i jesień do zimy. Jak z tego wynika, urozmaicenie barw występuje zarówno w czasie jak i przestrzeni.

W zakładzie pracy warunki widzenia pod względem barwności są całkiem odmienne. Na ogół spotyka się w pomieszczeniach pracy maszyny i urządzenia pomocnicze pomalowane na stałowo-szary konwencjonalny kolor, ściany zakurzone, zaopatrzone przeważnie u dołu w pas (lamperię) barwy szarej, niebrudzącej się. Wśród tej szarości poruszają się robotnicy w ubraniach niebiesko-brudno-szarych, słabo odcinających się od tła ściany i maszyn na posadzce również szarej, przeważnie cementowej.

Nie trzeba tłumaczyć, że ten brak kontrastów barwnych w znacznym stopniu utrudnia nie tylko ogólną orientację, ale też i rozróżnianie poszczególnych przedmiotów i ich części. Aby podołać tym trudnym warunkom widzenia wzrok nadwyręza się,

szybko ulega zmęczeniu, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia wydajności pracy, do wypadków, przy pracy, do pogorszenia jakości wytworów i zwiększenia ilości odpadków. Nie można tu pominąć milczeniem trwałego i szkodliwego działania na wzrok tych wszystkich elementów, sumującego się z dnia na dzień, z miesiąca na miesiąc, z roku na rok i prowadzącego niechybnie do przedwczesnego osłabienia wzroku, a zarazem skrócenia okresu wykonywania pracy zawodowej o miesiące, a nawet o lata. Większy odsetek daltonistów (osób z upośledzoną wrażliwością na barwy) wśród mężczyzn niż wśród kobiet należy zapewne przypisać brakowi urozmaicenia pod względem barw w zakładach pracy, co stwarza dogodne podłoże do powstawania daltonizmu.

Obok omówionego wyżej bezpośredniego działania barw na wzrok, a więc na ustrój fizyczny, występuje jednocześnie nie mniej może istotny ich wpływ na psychikę pracującego. Wiadome jest, że gdy zmysły nasze odbierają wrażenia jednostajne, nie urozmaicone, działa to na nas nużąco, usypiająco, osłabia reakcję na bodźce zewnętrzne, a w następstwie nie tylko obniża wydajność pracy, ale też znacznie zwiększa podatność na wypadki przy pracy.

Jak z rozważań powyższych wynika, dla uniknięcia szkodliwego wpływu jednostajności barw na ustrój fizyczny i na psychikę pracującego konieczne jest wprowadzenie pewnego urozmaicenia w tej dziedzinie w pomieszczeniach pracy. Zastanović się jednak trzeba, jak daleko ma iść to urozmaicenie i jakie barwy uważać należy za najbardziej pożądane.

Fizycy rozróżniają trzy barwy zasadnicze: czerwoną, żółtą i niebieską. Z wymieszania barw czerwonej i żółtej powstaje pomarańczowa, z żółtej i niebieskiej — zielona, z niebieskiej i czerwonej — fioletowa. W zależności od wzajemnego stosunku ilościowego barw w mieszaninie, można uzyskać i inne odcienie, jak np. cynobrowy (ceglasty), seledynowy, purpurowy itd. Przez

zmieszanie wszystkich barw w odpowiednich proporcjach otrzymuje się barwę białą.

Zdaniem psychologów wpływ poszczególnych barw na psychikę człowieka jest bardzo różny. Tak np. barwy: czerwoną, pomarańczową i żółtą nazywamy ciepłymi, gdyż wywołują w nas wrażenie ciepłoty, przypuszczalnie przez skojarzenie z barwą słońca, natomiast barwy niebieską i zieloną uważamy za zimne, prawdopodobnie wskutek skojarzenia z barwą wody. Przez pomalowanie chłodnej piwnicy farbą ciepłą można uzyskać efekt pozornego podwyższenia temperatury i na odwrót, można pozornie obniżyć temperaturę w pomieszczeniach gorących przez pomalowanie ścian zimnymi farbami.

Przez odpowiednie stosowanie barw można uzyskać i inne efekty: można np. pozornie zwiększyć lub zmniejszyć objętość pomieszczenia, można również pozornie je podwyższyć lub obniżyć. Pewne zestawienia barw i kształtów mogą doprowadzić do niewiarygodnych wprost złudzeń optycznych.

Ciekawe jest, że zamiłowanie do barw jest zależne od płci: mężczyźni na ogół nie lubią barw jaskrawych i ciepłych, których kobiety często i chętnie używają. Tak np. ankieta przeprowadzona w kilku amerykańskich zakładach pracy w sprawie stosowania barwy żółtej do malowania ścian dała wynik negatywny, przypuszczalnie z tego względu, że przytłaczającą większość pracowników stanowili mężczyźni, którzy wolą na ogół barwę niebieską lub zieloną.

Zamaczyć należy, że kobiety odróżniają przeważnie znacznie lepiej barwy niż mężczyźni, co — wydaje się — przypisać należy wyrobieniu przy doborze strojów, ponad to zaś — jak to już wyżej zaznaczono — nie ulegają one daltonizmowi w takim stopniu jak mężczyźni, gdyż stanowią stosunkowo nieduży odsetek zatrudnionych w zakładach pracy.

Tych kilka słów odnośnie wpływu barw na pracującego, nie wyczerpuje zagadnienia w żadnym z poruszonych punktów, niemniej jednak wykazuje, że chcąc racjonalnie korzystać z barw

przy pracy, nie można ich stosować dowolnie, czy to z własnego upodobania, czy też ze stanowiska estetyki. Dobór barw musi być oparty na wiedzy i doświadczeniach praktycznych odnośnie celowości stosowania określonych barw. W dodatku dobór barw należy uzależniać od trwałości farb i innych okoliczności, co można ocenić dopiero na podstawie doświadczenia.

Powyżej zaznaczyliśmy, że brak urozmaicenia pod względem barw działa szkodliwie na pracownika. Należy tu jednak równocześnie podkreślić, że zbyt silne kontrasty barwne działają także szkodliwie na wzrok, jak i brak kontrastów. Jak widać, kontrastami barwnymi rządzą podobne prawa jak kontrastami świetlnymi. Z tego względu należy unikać pokrywania dużych płaszczyzn barwami jaskrawymi, należy również unikać zestawień barw kontrastowych w polu widzenia.

Problemem istotnym dla każdego pomieszczenia pracy jest sprawa komunikacji i transportu. Jest rzeczą oczywistą, że jeżeli drogi i przejścia będą słabo widoczne, to ucierpi na tym nie tylko sprawność komunikacji i transportu, ale też i bezpieczeństwo pracy. Jeżeli maszyny pomalowane są na kolor konwencjonalny szary i jeżeli urządzenia inne oraz lamperie ścienne są w podobnym tonie, to jasne, że widoczność dróg i przejść zatracą się. Aby tego uniknąć, powinno się malować lamperie ścienne inną barwą niż maszyny, maszyny zaś inaczej niż pozostałe urządzenia; wskazane jest również, by — jeżeli między dwoma rzędami maszyn istnieje przejście — malować jeden rząd maszyn inną barwą niż drugi, poprawiając w ten sposób widoczność przejścia.

Punktem ogniskowym produkcji są maszyny. Od ich racjonalnego wykorzystania zależy przede wszystkim ilość i jakość produkcji. Na ogół maluje się maszyny jednolitą barwą szarą, absorbującą dość silnie światło. Przebieg produkcji zatracą się przez to przeważnie na szarym tle maszyny. Aby temu zapobiec należy dążyć do pokrywania maszyn

farbami o możliwie jasnej barwie. Zaznaczyć należy, że nie wszystkie części maszyny powinny być malowane tą samą farbą; należy odróżnić części, których robotnik musi najczęściej dotykać, jak wyłączniki, dźwignie, kółka itp., służące do uruchomienia lub zatrzymania maszyny, załączania posuwów, zmiany biegów itd. oraz te części, z którymi robotnik w zasadzie nie ma do czynienia. Części podlegające obsłudze powinny być zatem lepiej widoczne niż inne części maszyny, co można osiągnąć przez pomalowanie ich odmienną, bardziej rzucającą się w oczy, możliwie jaśniejszą barwą. Również ruchome części maszyny powinny odróżniać się od części stałych.

Urządzenia transportowe mechaniczne i ręczne, jak suwnice, bloki i wózki należy również malować takimi barwami, aby były łatwo dostrzegalne na tle ścian, maszyn i innych urządzeń, co niewątpliwie nie tylko usprawni transport, ale i zapobiegnie wielu wypadkom przy pracy.

Jak już wyżej zaznaczono, ciemne barwy silnie pochłaniają światło i aby temu zapobiec, należy dążyć do malowania urządzeń wewnętrznych i ścian możliwie jasnymi farbami. Wydawałoby się zatem celowe malowanie ścian na biało. Skoro się jednak zważy, że barwa biała należy raczej do jaskrawych, a jak już wyżej zaznaczyliśmy — należy unikać pokrywania dużych płaszczyzn barwami jaskrawymi, okaże się malowanie ścian na biało niewskazane. Pokrywanie całych ścian barwą białą nie należy polecać również i z tego względu, że wprowadza to monotonię barw, działającą nużąco na wzrok. Celowe jest natomiast pokrywanie białymi farbami górnych partii ścian oraz sufitów, znajdujących się one bowiem poza normalnym zasięgiem pola widzenia pracującego.

Jak z powyższych krótkich rozważań wynika, dążność do ra-

racjonalizacji barw w zakładach pracy jest nie tylko wodą na młyn producentów farb i lakierów, nie jest również wyłącznie błyskotliwą tendencją upiększenia pomieszczeń pracy, chociaż i ten czynnik jest ważny, lecz spełnia określone zadania w stosunku do robotnika i produkcji. Celowy dobór barw, poprawiając warunki widzenia oszczędza wzrok robotnika i podnosi wydajność jego pracy, polepsza warunki bezpieczeństwa pracy, poprawia jakość produktów i zmniejsza ilość odpadków, przy małych stosunkowo wkładach przynosząc znaczne korzyści.

W końcu należy jeszcze raz zwrócić uwagę na celowość doboru barw. W technice stosowania barw nie są najistotniejsze wrażenia estetyczne lub też upodobania własne. Należy tu brać pod uwagę przede wszystkim takie czynniki, jak fizyczne właściwości światła, psychiczne podłoże widzenia oraz skojarzenia psychiczne związane z barwami.

LITERATURA

A. W języku polskim:

1. Melanowski W. H. — *Higiena i ochrona narządu wzroku* — Wyd. Instytut Spraw Społecznych — Warszawa 1936.
2. Melanowski W. H. — *Granice siły oświetlenia odpowiadające najlepiej sprawności wzroku* (Klinika Oczna, z. 3/1935).
3. Żenczykowski W. — *Oświetlenie budynków światłem dziennym* — Wyd. Warsz. T-wo Politechniczne, Warszawa, 1935.
4. Szalek R. — *Jak należy oświetlać* — Wyd. Główny Instytut Pracy, Warszawa, 1949.
5. Pawlikowski J. — *Oświetlenie zakładów przemysłowych* („Przegląd Bezpieczeństwa Pracy” — Warszawa, 1938, Nr 3).
6. Nowakowski B. — *Warunki dobrego oświetlenia* („Inspektor Pracy”, Warszawa, 1930, Nr 9—10).
7. Rabanowski J., Bibińko A. — *Lampy i oprawy* — Wyd. księgarni J. Liśowskiej — Warszawa.
8. Sochor B., Bibińko A. — *Montaż lamp, opraw oraz reklam świetlnych* — Warszawa.
9. Baran I. — *Oświetlenie i Barwy* („Vademecum Bezpieczeństwa Pracy”. Cz. II — Wyd. Instytut Naukowy Organizacji i Kierownictwa — Warszawa, 1948).
10. Baran I. — *Oświetlenie dzienne* (mies. „Bezpieczeństwo i Higiena Pracy”, Nr 7/8 — 1948).
11. Baran I. — *Oświetlenie luminescencyjne* (mies. „Bezpieczeństwo i Higiena Pracy”, Nr 7/8 — 1948).
12. Marciniak H. — *Sztuczne oświetlenie pomieszczeń przemysłowych* („Przegląd Elektrotechniczny” Z. 10/11/12 — 1949).

13. Baran I. — *Oświetlenie a praca* („Przegląd Elektrotechniczny“ Z. 10/11/12 — 1949).
14. Berson L. — *Rury fluoryzujące* — („Przegląd Elektrotechniczny“ Z. 10/11/12 — 1949).
15. Rapp inż. — *Prawidłowy wymiar światła w zakładach przemysłowych* — „Inspektor Pracy“, Warszawa, 1930, Zeszyt 9—10.

B. W j ę z y k u r o s y j s k i m :

1. Gusiew N. M. — *Architekturnaja swietotiechnika* — Wyd. Gosar-chizdat, Moskwa — Leningrad 1949.
2. Szajkiewicz A. S. — *Woprosy kaczestwa promyszlennowo oswieszczenia* — Wyd. Gosenergoizdat, Moskwa — Leningrad 1948.
3. *Gosudarstwennyj Obszczestwiennyj Standart*, GOST 3291—46
4. Dancig N. M. — *Gigieniczესkoje normirowanje oswieszczenia żytych i obszczestwiennych zdanij* — Wyd. Akademia Nauk Medycznych ZSSR, Moskwa 1948.
5. Knorring G. M. — *Sprawocznik dla projektirawanja elektryczeskowo oswieszczenia* — Wyd. Gosenergoizdat, Moskwa — Leningrad, 1948.
6. Mieszkow W. W. — *Oswietitielnyje ustanowki* — Wyd. Gosenergoizdat, Moskwa — Leningrad, 1947.
7. Iwanow A. P. — *Elektryczესkije istoczniki swieta* — Wyd. Gosenergoizdat, Moskwa — Leningrad, 1948.
8. Dmitrijewskaja N. P. i Zajczikowa W. A. — *Racjonalnoje oswieszczenie priadilno-tkackich chłopczatobumażnych i lnianych fabryk* — Wyd. Gislegprom, Moskwa, 1946.
9. Dukielskaja, Dunajewskaja, Krasnowskij — *Wljanje racjonalizacji oswieszczenia na utomlajemost' i proizvoditelnost' truda proborszczykow* — („Gigiena, Biezopasnost' i Patologia Truda“, 1931, Nr 7).
10. Dancig N. M. i Bielikowa W. K. — *Niekotoryje gigieniczესkije woprosy pri luminescentnom oswieszczenji* — (mies. „Gigiena i Sanitaria“ Nr 10/49).
11. Bielskij I. R. — *Elektryczესkije oswieszczenje. poligraficzესkich przedprijatij* — Wyd. Gizlegprom, Moskwa, 1949.
12. Kowalew A. P. — *Tiechnika biezopasnosti truda w tieplosilowych ustanowkach* — Wyd. Gosenergoizdat, Moskwa — Leningrad, 1943.
13. Kryłow A. D. — *Tiechnika biezopasnosti w tekstilnom proizvodstwie* — Wyd. Gislegprom, Moskwa — Leningrad, 1947.
14. Sinłow P. I. — *Tiechnika biezopasnosti w maszynostrojenni* — Wyd. Maszgiz, Moskwa, 1949.
15. Zołotnickij N. D. — *Tiechnika biezopasnosti w stroitielstwie* — Wyd. Strojizdat, Moskwa — Leningrad, 1949.

C. W jęz y k u n i e m i e c k i m :

1. Luckiesh—Lellek — *Licht und Arbeit*, (przer. z ang. R. Lellek) — Wyd. J. Springer, Berlin, 1926.
2. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft E. V. — *Leitsätze für Tagesbeleuchtung* — Wyd. Deutsche Lichttechn. Ges. E. V., Berlin, 1934.
3. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft E. V. — *Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht* — Wyd. Deutsche Lichttechn. Ges. E. V., Berlin, 1931.
4. Kälff L. C. — *Kunstlicht und Architektur* — Wyd. Philips Technische Bibliothek, 1943.
5. Neufert E. — *Bauentwurfslehre* — Wyd. Bauwelt, Berlin, 1934.
6. Syrup Fr. — *Handbuch des Arbeitsschutzes und der Betriebssicherheit* — Nakł. Reimar Hobbing, Berlin, 1927 — T. I.
7. Kircher W. u. Schneider L. — *Was kostet schlechte Beleuchtung* — Sonderabdruck aus „Das Licht“, 1 rok, 1 zeszyt.
8. Schneider L. — *Förderung der menschlichen Arbeitsleistung durch richtige Beleuchtung* — Sonderabdruck aus „Das Licht“, 8 rok, 12 zeszyt.
9. Goldstern N. i Putnoky F. — *Die wirtschaftliche Beleuchtung von Schermaschinen in der Seiden- und Kunstseidenindustrie* — Sonderdruck „Die Kunstseide“ 1933. Zeszyty 4 i 5.
10. Koch D. — *Tagesbeleuchtung in Arbeitsräumen* — Reichsarbeitsblatt, Nr 26/1943.

D. W jęz y k u f r a n c u s k i m :

1. *Décisions et recommandations officielles de la Commission Internationale de l'Éclairage* (Onzième session, Paris, 1943).
2. *Recommandations générales pour l'éclairage électrique en Suisse* — Wyd. Association Suisse des Electriciens (ASE), 1947.
3. *Règlement — type de sécurité pour les fabriques* — Wyd. Bureau International du Travail — Genève, 1949.
4. Association des Industriels de Belgique — *L'éclairage des locaux industriels* — Wyd. Nr 251 z 1939 r.
5. Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage — *Lumière et vision* — Wyd. Nr 1, Paris, 1934.
6. Valbreuze R. — *Principes et applications de l'éclairage* — Wyd. Nr 10, Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage, Paris, 1934.
7. Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage — *Projets d'éclairage* — Wyd. Nr 4, Paris, 1939.

E. W j ę z y k u a n g i e l s k i m :

1. American Standards Association — *American recommended practice of industrial lighting* — Wyd. Illuminating Engineering Society, New York, 1942.
2. Moon P. — *The scientific basis of illuminating engineering* — Wyd. Mc Graw-Hill Book Comp., New York—London, 1936.
3. Barrows W. E. — *Light, photometry and illuminating engineering* — Wyd. Mc Graw-Hill Book Comp., New York — London, 1938.
4. Boast W. B. — *Illumination engineering* — Mc Graw-Hill Book Comp., New York — London, 1942.
5. Askerley R. O. — *An introduction to the science of artificial lighting*, E. and F. N. Spon Ltd, 1948.

SKOROWIDZ ALFABETYCZNY

- A d a m i e c k i — 26
adaptacja (przystosowanie) wzroku — 17, 21
American Standards Association — 136
ankieta oświetleniowa — 28
A s k e r l e y — 136
Association des Industriels de Belgique — 135
Association Suisse des Electriciens — 135
- B a r a n — 133, 134
B a r r o w s — 136
barwy światła — 15, 85, 91 — 93
barwy urządzeń — 73, 125 — 131
B e r s o n — 134
bezpieczeństwo pracy — 21 — 27, 114, 125, 129
B i b i l i o — 133
B i e l i k o w a — 92, 134
B i e l s k i j — 134
biura — 21, 94
blask źródeł światła — 92, 105
B o a s t — 136
brudzenie szyb — 70, 72
bryłowatość przedmiotów (przeźrzenność) — 21, 81, 82, 112
- cementownie — 94
chemiczne badania — 91
cienie, cienistość — 21, 76, 81—83, 85, 105, 112
Commission Internationale de l'Éclairage — 135

częstotliwość prądu — 113
częstotliwość wypadków — 22—24, 28
czystość — 22, 27, 73, 102, 107
czystość szyb — 72

dach oszklony — 58
dach szedowy — 60
daltonizm — 128
D a n c i g — 92, 134
dekalumen — 94
Department of Scientific and Industrial Research — 31
Deutsche Lichttechnische Gesellschaft — 134
D m i t r i e w s k a j a — 134
dobór jasności — 117 — 123
dobór barw — 129, 131
dokładność widzenia — 13, 15—16, 21, 80
dokładność wykonania — 45, 47, 117—123
D u k i e l s k a j a — 30, 134
D u n a j e w s k a j a — 30, 134
dyscyplina pracy — 28

ekonomia oświetlenia — 84, 100, 102, 105, 107
ekonomia żarówek — 92, 95, 99, 102
eksploatacja oświetlenia — 84, 105

farbiarnia — 93
farby — 126

G u s i e w — 134
G o l d s t e r n — 30, 135
gospodarność (rentowność) oświetlenia — 27—36
gromadzenie się brudu — 70
Główny Urząd Statystyczny — 25, 34, 35

hale maszyn — 94
hale montażowe — 95, 100
H i e p e — 25

I c h h e i s e r — 24
insolacja (nasłonecznienie) — 59—60, 68—69
intensywność światła — 15—16

I w a n o w — 134

ilość wytworów — 19, 27

ilość braków — 28, 31

jakość wytworów — 19, 27, 31

jaskrawość barw — 128, 130

jaskrawość powierzchni — 18, 86

jaskrawość źródła światła (blask) — 92, 105

jaskrawość tła — 18, 19

jasność dzienna — 46, 71, 92

jasność maksymalna (największa) — 62, 104

jasność minimalna (najmniejsza) — 62, 104

jasność oświetlenia — 14, 16—18, 37, 62—64, 73, 74, 80, 84; 86; 88—91; 98

jasność średnia — 17, 23, 48, 93, 104, 117—123

jasność pozioma i pionowa — 46

jasność wewnętrzna i zewnętrzna — 46, 47, 72

jednostajność oświetlenia — 113

jednostajność barw — 127

jednostki oświetleniowe — 36—38

K a l f f — 135

kandela — 36

kąt przestrzenny (bryłowy) — 37

kąt rozwarcia — 41, 42

kierunek promieni — 18, 19, 110

K i r c h e r — 30, 135

klatki schodowe — 22

K n o r r i n g — 94, 134

K o c h — 62, 135

kondensacja pary — 59, 70

konserwacja urządzeń oświetleniowych — 26, 32, 33

kontrasty barwne — 126

kontrasty świetlne — 14, 21, 59, 80, 86, 87, 93, 112

koszty budowy — 71

koszty eksploatacji — 27, 28, 32, 105

koszty urządzeń (instalacji) — 27, 28, 32, 33

koszty ulepszeń — 29, 32, 35

K o w a l e w — 23, 53, 103, 134

K r a s n o w s k i j — 30, 134

kreślarnie (sale rysunkowe) — 21, 82

K r y ł o w — 134

kuźnia — 70, 81, 94

lakierowanie — 91
 lampy fluoryzujące — 88, 92, 114
 lampy przenośne — 25
 lampy rtęciowo-żarowe — 92
 lampy sodowe — 93
 lampy żarowe (żarówki) — 88, 91, 92, 94, 99, 100, 113
 liczba punktów świetlnych — 105, 107
 L u c k i e s h — 28, 102, 135
 lumen — 37, 38
 luks — 16, 37, 38, 46, 47
 luksomierz — 93, 102

malowanie — 91
Mały Rocznik Statystyczny — 25
 M a r c i n i a k — 133
Medical Research Council — 31
 M e l a n o w s k i — 17, 133
 M e r c x — 34
 metoda nomogramowa obliczenia jasności — 97
 metoda strumieniowa obliczania jasności — 93
 metoda nomogramowa obliczania jasności — 97
 M i e s z k o w — 134
 miganie, migotanie światła — 113
 moc żarówek — 29, 30, 95, 98
 montaż — 95, 105
 M o o n — 136

nagrzewanie — 59
 nasłonecznienie (insolacja) — 59—60, 68—69
 napięcie żarówek — 95, 98, 100
National Electric Light Association — 24
 nerw wzrokowy — 14, 16
 N e u f e r t — 135
 niejednostajność oświetlenia — 113
 nierównomierność oświetlenia — 41, 58, 62, 63, 90, 104, 112
 normy jasności oświetlenia — 88—91, 117—123
 N o w a k o w s k i — 5, 29, 133

obliczanie jasności — 93—97
 oczyszczanie lamp — 103

oczyszczanie szyb — 69, 72
odbicie promieni — 14, 19, 50, 60, 73, 74, 80, 88; 104; 105; 107; 108
odblaski (refleksy) — 59, 74, 75, 108
odbłyски (reflektory) — 30, 109
odległość lamp — 105
odlewnie metali — 70, 81, 93, 94
okna, otwory okienne — 33, 42, 44
oślnienie wzroku — 15, 17—21, 74, 75, 81, 83, 104, 105; 108; 110; 111
osłony lamp — 92, 04, 107, 112
oszklenie otworów świetlnych — 49, 53
oświetlenie bezpośrednie — 80, 81, 84
oświetlenie boczne — 41, 44—57
oświetlenie dzienne (naturalne) — 23, 31, 41
oświetlenie górne — 41, 57
oświetlenie górno-boczne — 44
oświetlenie miejscowe — 84, 85, 90, 91
oświetlenie ogólne — 25, 80, 83, 90, 91
oświetlenie pośrednie — 80, 82, 105
oświetlenie półpośrednie — 80, 83, 105
oświetlenie sztuczne — 31

pasy świetlne (pasy szklone) — 53, 60, 62, 65

P a w l i k o w s k i — 28, 102, 133

pisanie — 108

podatność na wypadki — 22

pojęcia oświetleniowe — 36—38

pole widzenia — 18, 80

powieki oczne — 18

powielanie barwne — 91

powierzchnia okien i pomieszczeń — 72, 94

porządek — 22, 27, 93

powiększanie jasności — 29—31

pralnie — 93

przekrój przewodów — 100, 101

przepisy bezpieczeństwa pracy — 45

przeźrenność przedmiotów — 21, 81, 82, 112

przyrost produkcji — 22, 28—31, 34

P u t n o k y — 30, 135

R a b a n o w s k i — 133

ramy okienne — 49

R a p p — 134
 refleksy (odblaski) — 59, 74, 75, 108
 reflektory (odbłyski) — 30, 109
 rentowność (gospodarność) oświetlenia — 27—36
 rodzaj pomieszczeń — 89, 117—123
 rodzaj prac — 28, 80, 86, 89, 105, 117, 123
 rozmieszczenie otworów świetlnych — 52
 rozmieszczenie punktów świetlnych (lamp) — 105
 rozmieszczenie stanowisk pracy — 75
 rozpróśnienie światła — 15, 43, 60, 105
 równomierność oświetlenia — 21, 43, 44, 58, 60—63, 81, 85, 102, 104, 105, 112
 rysowanie — 108

 sale rysunkowe — 21, 82
 sale wykładowe — 21, 82
 S c h n e i d e r — 25, 135
 siatkówka — 14, 16—18, 21
 S i m p s o n — 23, 24, 26
 S i n i o w — 134
 składacze czcionek — 31
Societe pour le Perfectionnement de l'Eclairage — 135
 S o c h o r — 133
 sortowanie papieru — 111
 spadek napięcia — 100
 sprawność wzroku — 13, 15, 17, 18, 21, 34, 86
 steradian — 37
 straty ciepłe — 64, 69
 straty gospodarczo-społeczne — 26, 27
 straty produkcji — 25, 26
 straty strumienia świetlnego — 82, 83
 stroboskopowe zjawisko — 114
 sufity, ściany — 33, 50, 51, 54, 73, 88, 94, 101, 103, 107
 S y r u p — 135
 systemy oświetlenia dziennego (naturalnego) — 41—43
 systemy oświetlenia sztucznego (elektrycznego) — 79—85
 S z a j k i e w i c z — 134
 S z a l e k — 7, 97, 133
 szatnie (ubieralnie) — 94
 szczebliny okienne (szprosy) — 49
 szkło okienne — 49, 57—59
 szybkość spostrzegania — 13, 15—17, 21, 80

szyby — 33, 49, 57—59, 72
szycie materiałów — 86

ściany, sufity — 33, 50, 51, 54, 73, 88, 94; 101; 103; 107
średnia jasność oświetlenia — 17, 23, 48, 93, 104, 117—123
światło białe — 15
światło rozproszone — 15, 43, 60, 105
światło sztuczne — 77
światłość — 36, 37
świeca międzynarodowa — 36—38
świetliki dachowe — 67, 75
świetliki latarniowe — 59, 60
świetliki szedowe — 43, 60, 61
świetliki trapezowe — 60
świetliki ukośne (nachylone) — 58, 61

łło przedmiotu (obrazu) — 18, 19, 87
łtuczanie się szyb — 70
trwałość żarówek — 102
tworzenie cieni — 21, 76, 81—83, 85, 105, 112
typy okien — 53
typy świetlików — 67

umywalnie — 94
urządzenia ochronne — 114

Valbreuze — 135

wady oświetlenia — 71
warunki zdrowotne — 28
wentylacja (wietrzeenie) — 60
wielkość przedmiotu (obrazu) — 15, 18, 80, 86
wodoszczelność świetlików — 69
woltaż żarówek — 95, 98, 100
współczynnik cienistości — 112
współczynnik doprowadzenia światła — 49, 50, 53, 58
współczynnik kontrastu — 14
współczynnik odbicia — 14
współczynnik oświetlenia dziennego — 46, 47, 50, 51, 57, 58
współczynnik przepuszczalności światła — 49, 56, 58
współczynnik świetlny głębokości — 51—54

wydajność pracy — 22, 28—31, 34
 wydajność świetlna żarówek — 92, 95, 99, 102
 wymiana żarówek — 102, 103
 wymiary otworów świetlnych — 44, 72
 wymiary pomieszczeń — 80, 94
 wypadki przy pracy — 21—27, 35
 wysokość zawieszenia lamp — 104, 105, 106, 111
 wytwórnice sztucznego jedwabiu — 30
 wytwórnice jedwabiu — 91, 111
 wzrost produkcji — 27, 29, 30, 33, 35

 zabrudzenie szyb — 49, 57, 59, 70, 72
 Z a j c z i k o w a — 134
 zwiększanie jasności oświetlenia — 16, 17, 30, 99
 Z o ł o t n i c k i j — 134
 zakłady włókiennicze — 30
 zalety oświetlenia dziennego — 71
 zasłony okienne — 47, 75, 107
 zawieszenie lamp — 104—106, 111
 zjawisko stroboskopowe — 114
 zmęczenie wzroku — 21, 113, 127

 źródła światła — 36 — 38

 żarówki — 88, 91, 92, 94, 100, 113
 Ż a n c z y k o w s k i — 132

СОДЕРЖАНИЕ КНИГИ ИНЖ. И. БАРАНА „СВЕТ И ТРУД”

В книге „Свет и Труд” излагаются вопросы правильного освещения промышленных предприятий. Автор книги представляет эти вопросы не только с точки зрения возможности и необходимости улучшения гигиенических условий труда, но также с точки зрения возможности повышения его безопасности и производительности. Он доказывает, что в польской промышленности рационализация освещения может дать около 400 миллионов довоенных золотых сбережений, в результате увеличения производства и уменьшения частоты несчастных случаев в то время, как себестоимость проведения такой рационализации не превышала бы 20 миллионов золотых в год.

Первая часть книги дает общие сведения о принципах и особенностях освещения, о его связи с техникой безопасности, производительностью труда и, наконец, с рентабельностью предприятия. Свои доводы автор иллюстрирует примерами исследований, произведенных в СССР, в Англии, Америке и Германии.

Вторая часть книги рассматривает вопросы естественного освещения, анализирует его системы, их достоинства и недостатки, дает указания, как следует устранять эти недостатки.

Третья часть книги посвящена вопросом искусственного (электрического) освещения. Рассматривая существующие системы искусственного освещения, автор анализирует их целесообразность и дает указания, касающиеся правильности применения соответствующей системы, норм освещенности и цвета светового потока. Эти указания автор дополняет сведениями о способах измерения внутреннего освещения, улучшения его интенсивности и равномерности.

Книга инж. И. Барана является вторым расширенным изданием, в котором использовал автор богатый опыт СССР в области рационализации освещения промышленных предприятий. Так, в главе о дневном освещении излагаются методы приблизительных исчислений средней освещенности на основании норм, имеющих в СССР, в отличие от других стран, характер юридически обязательный.

Подобным образом при обсуждении искусственного освещения, автор на тех-же основаниях представляет упрощенные методы исчисления средней освещенности помещений. Книга, кроме того дополнена главой, в которой обсуждается актуальная проблема выбора цвета окраски частей помещений и иных объектов, с целью улучшения условий видимости.

Книга предназначена в качестве руководства для инженерно-технических работников и членов комитетов безопасности на фабриках и заводах.

S U M M A R Y

The book „Light and Work“ examines the rules for the proper light in industrial establishments. It proves its importance for the health and efficiency of the worker as well as on the other hand for the safety and output of the work itself. The author thinks the gain resulting from rationalising the light in the Polish industry would amount to four hundred million zlotys (prewar currency) owing to the increased production, the reduced frequency of industrial accidents and the improved sight of workers. The cost of that rationalisation would not exceed some 20 million zlotys yearly.

The first part of the work gives some general informations about the characteristic features of the light, its influence upon the labour safety and output and the resulting increase of business rentability. To illustrate his arguments he quotes a number of examples and results of investigations made in America, England, Germany and USSR.

The second part treats of problems concerning the natural light and analyzes its systems, its advantages and imperfections. Different ways of removing the disadvantages are given.

The third part takes into consideration question concerning the artificial (electric) light. It analyzes its different systems and the selecting of its brightness and hues and informs of the

ways of measuring illumination and of improving its intensity and uniformity.

In the second enlarged edition of the book the author treats besides in the chapter entitled natural light the methods to measure the daily (natural) illumination, basing on the models, accepted in USSR, where the norms concerning the illumination are submitted to legal regulations. As regards the artificial light he applies a simplified method of measuring of illumination in the premises on the bases of the models of USSR.

The pamphlet is amended by chapter concerning the actual problem to apply colours in order to improve the conditions of the vision.

The book is meant chiefly to be useful to industrial managers and safety committees of the factories at their activity in the industrial establishments. Still it may also be applied by other persons working in the industry and belonging either to the managing staff or to the manual workers.



WYKAZ WYDAWNICTW MINISTERSTWA PRACY I OPIEKI SPOŁECZNEJ

OGÓLNE

	zf
1. Zbiór przepisów prawa pracy, tom I i II	1.200.—
2. Prawo i ryzyko — Dr Warkaffo	410.—
3. Przepisy o zaopatrzeniu inwalidzkim — Mgr Edward Bednaro- wicz	750.—
4. Podstawowe przepisy prawne o opiece społecznej — Mgr. Cz. Pawłowski	200.—
5. Sądy ubezpieczeń społecznych jako szczególne sądy admin.— Dr Eugeniusz Modliński	190.—
6. Germanizacja dzieci polskich w okresie okupacji — J. Kac- perska	120.—
7. La Politique Sociale en Pologne	300.—
8. Social Policy of Poland	300.—

SERIA PRAWODAWCZA

1. Rady Zakładowe	15.—
2. Ogólne przepisy bezpieczeństwa pracy	40.—

SERIA OCHRONY PRACY

1. Wytyczne w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy	wyczerpane
2. Maszyny do obróbki drewna	15.—
3. Pędnie, wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	15.—
4. Piła tarczowa, instrukcje techniczne	100.—
5. Światło i praca, II wydanie	200.—
6. Obrabiarki do metali — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	25.—
7. Przemysł ceramiczny — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy, II wydanie	w druku
8. Prace przy użyciu ręki — Wskazówki bezpieczeństwa i higie- ny pracy, II wydanie	1
9. Wyrób lakierów i roztworów wosku — wskazówki bezpie- czeństwa i higieny pracy, II wydanie	50.—
10. Kapanie rowów — Prace przy przewodach gazowych — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy, II wydanie	w druku

CIOP  PIB
BIBLIOTEKA

CENA ZŁ 200.—

Nr inw.

1470.

11. Przemysł cukrowniczy — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	45.—
12. Garaże i samochodowe warsztaty naprawcze — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy, II wydanie	55.—
13. Prace przy użyciu kwasu azotowego — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	20.—
14. Prace z ołowiem—wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	20.—
15. Kamieniołomy i odkrywki — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	wyczerpane
16. Kolejki przemysłowe — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	60.—
17. Odlewnie żeliwa i metali kolorowych — wskazówki bezpieczeństwa i higieny pracy	60.—
18. Urządzenie chłodnicze	wyczerpane
19. Naczynia pod ciśnieniem — Sprężarki, II wydanie	35.—
20. Szlifierki	110.—
21. „A.B.C.”	140.—
22. Łańcuchy, haki, liny	60.—
23. Ochrona przed niebezpiecznymi gazami	80.—
24. Gospodarka złomem, II wydanie	w druku
25. Wodociąg i kanalizacja	45.—
27. Pojazdy	40.—
26. Obrona przeciwpożarowa	125.—
28. Piły mechaniczne	100.—
29. Wyprawianie skór	30.—
30. Piekarnie, II wydanie	50.—
31. Olejarnie	55.—
32. Młyny zbożowe	15.—
33. Transport beztorowymi środkami przewozowymi	50.—
34. Fabryki sztucznych włókien wiskozowych i Fabryki dwusiarczku węgla	115.—

W OPRACOWANIU

- 35. Siedzenie przy pracy.
- 36. Praca w hutach cynku i ołowiu.

Wydawnictwa wymienione są do nabycia we wszystkich placówkach „DOMU KSIĄŻKI”



26229