

Projektowanie oświetlenia wczoraj i dziś

Krzysztof Rajewski

Streszczenie: Artykuł przedstawia dwa sposoby obliczania natężenia oświetlenia pomieszczenia biurowego – metodą sprawności oraz przy pomocy programu wspomagającego projektowanie oświetlenia. Przedstawione zostały różnice poszczególnych metod oraz podstawowe możliwości programów.

Słowa kluczowe: projektowanie, oświetlenie, komputerowe obliczanie oświetlenia

1. Wstęp

Dobrze zaprojektowane oświetlenie to takie, które zapewnia prawidłowy poziom natężenia oświetlenia [1] wraz z zachowaniem wymaganej równomierności oraz spełniony jest warunek oddawania barw i braku olśnienia. Uzyskanie takich parametrów gwarantuje, iż praca w tak oświetlonym miejscu nie powoduje zmęczenia i jest efektywna. Rozwój tej dziedziny w ostatnich latach sprawił, iż zmianie ulegały wymagania oraz podejście do tematu oświetlenia. Stosowane wcześniej metody techniczne zostały zastąpione zautomatyzowanymi programami obliczeniowymi.

Aby przybliżyć temat, wykonano obliczenia wymaganego natężenia oświetlenia dla jednego pomieszczenia dwiema metodami – klasyczną metodą sprawności oraz przy wykorzystaniu programu obliczeniowego. Przykład obliczeń wykonano dla pomieszczenia biurowego o wymiarach $20,3 \times 6,75$ m, wysokości 3 m oraz współczynnikach odbicia sufitu/ścian/podłogi wynoszących odpowiednio 70/50/30%. Zgodnie z wymaganiami norm [2] konieczne jest uzyskanie następujących wartości: eksploatacyjne natężenie oświetlenia wynoszące 500 lx, wskaźnik oddawania barw R_a 80. Wymagana równomierność oświetlenia wynosi 0,7 [2].

Metoda sprawności – wykorzystuje odpowiednie wzory do obliczania ekwiwalentnych współczynników odbicia ścian, sufitu i podłogi, co umożliwia uzyskanie wymaganej wartości strumienia świetlnego, a następnie niezbędnej ilości opraw oświetleniowych oraz ich rozmieszczenia.

Komputerowe obliczanie natężenia oświetlenia – symulowanie analizowanego pomieszczenia wraz z wymiarami oraz współczynnikami odbicia poszczególnych powierzchni, przy wykorzystaniu kreatora umożliwia uzyskanie wymaganego natężenia oświetlenia oraz rozmieszczenia punktów oświetleniowych.

2. Obliczanie oświetlenia ogólnego metodą sprawności

Metodę sprawności stosuje się do obliczania strumienia świetlnego niezbędnego do uzyskania wymaganego natężenia

oświetlenia ogólnego pomieszczeń, w których główną rolę odgrywa światło odbite od ścian i sufitu [3]. Przy obliczeniach liczby źródeł światła pod uwagę było brane średnie natężenie, moc użytego oświetlenia, powierzchnia pomieszczenia oraz współczynniki odbicia od ścian, sufitu i podłogi.

Parametry pomieszczenia biurowego:

długość	$P = 20,3$ m
szerokość	$Q = 6,75$ m
wysokość	$H = 3$ m

W pokoju są cztery okna o wymiarach $2 \times 1,6$ m każde oraz troje drzwi o wymiarach $2 \times 0,9$ m.

powierzchnia okien:	12,8 m ²
powierzchnia drzwi:	5,4 m ²
powierzchnia ścian:	144,1 m ²

Współczynniki odbicia:

ściany	$\rho_{sc} = 50$ %
sufit	$\rho_{suf} = 70$ %
podłoga	$\rho_{pod} = 30$ %
szyb	$\rho_{szyb} = 10$ %
drzwi	$\rho_{drzwi} = 40$ %
współczynnik zapasu k	$k = 1,25$.

Wysokość montażu opraw: 0,1 m

Wysokość zawieszenia opraw nad płaszczyzną roboczą:

$$H_m = H - H_s - H_p \quad [3]$$

$$H_m = H - H_s - H_p = 3 - 0,1 - 0,75 = 2,15 \text{ m}$$

H_p – wysokość płaszczyzny roboczej,

H_s – odległość płaszczyzny opraw od sufitu.

Wskaźnik pomieszczenia

$$w = \frac{P \cdot Q}{H_m (P + Q)} \quad [3]$$

$$w = \frac{20,3 \cdot 6,75}{2,15 (20,3 + 6,75)} = 2,36$$

Ekwiwalentny współczynnik odbicia ścian

$$\rho_{esc} = \frac{\rho_{s1} + \rho_{s2} + \dots + \rho_{sn}}{s_1 + s_2 + \dots + s_n} \quad [3]$$

$$\rho_{esc} = \frac{10 \cdot 12,8 + 40 \cdot 5,4 + 50 \cdot 144,1}{12,8 + 5,4 + 144,1} = 46,5\%$$

Wskaźnik wnętrza przysufitowego

$$w_s = \frac{H_m}{H_s} \cdot w \quad [3]$$

$$w_s = \frac{2,15}{0,1} \cdot 2,36 = 50,7$$

Średni współczynnik odbicia wszystkich płaszczyzn wnętrza przysufitowego

$$\rho_{srwn} = \frac{w_s \rho_{suf} + 2 \rho_{sc}}{w_s + 2} \quad [3]$$

$$\rho_{srwn} = \frac{50,7 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,5}{50,7 + 2} = 69,2 \%$$

Ekwiwalentny współczynnik odbicia sufitu:

$$\rho_{esuf} = \frac{\rho_{srwn} w_s}{w_s + 2(1 - \rho)} \quad [3]$$

$$\rho_{esuf} = \frac{0,692 \cdot 50,7}{50,7 + 2 \cdot (1 - 0,692)} = 68,4 \%$$

Wartości ekwiwalentnych współczynników odbicia wynoszą:

- ścian $\rho_{esc} = 46,5 \%$
- sufitu $\rho_{esuf} = 68,4 \%$
- podłogi $\rho_p = 30 \%$
- wskaźnik pomieszczenia $w = 2,36$.

Użyta w przykładzie lampa to oprawa LUGCLASSIC p/t T5 PAR 4×24 W firmy LUG [4], o wymiarach 595 × 595 × 55 mm, 3,4 kg, raster paraboliczne, błyszczący (rys. 1).

Korzystając z powyższych współczynników, odczytujemy sprawność oświetlenia. Tutaj sprawność osiąga wartość $\eta_{os} = 0,65$.

Całkowity strumień świetlny źródeł światła wynosi:

$$\varphi_c = \frac{E_{sr} \cdot S \cdot k}{\eta_{os}} \quad [3]$$

$$\varphi_c = \frac{500 \cdot 137 \cdot 1,25}{0,65} = 131,7 \text{ [klm]}$$

gdzie: $k = 1,25$ – współczynnik zapasu.

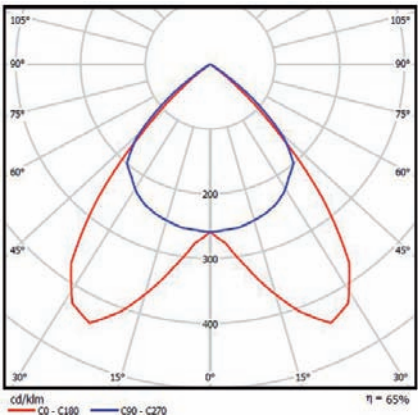
Wobec czego wymagana liczba opraw wynosi:

$$n = \frac{\phi_c}{\phi_{op}} \quad [3]$$

$$n = \frac{131\,731}{7000} = 18,8$$

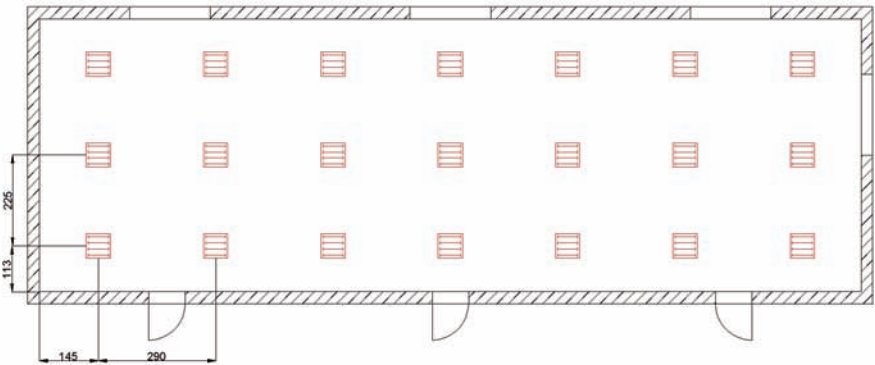
W celu równomiernego i symetrycznego rozmieszczenia opraw przyjmujemy ich liczbę równą 21. Oprawy należy rozmieścić tak, aby zapewnić równomierność oświetlenia, czyli w 3 rzędach po 7 opraw. Odległość opraw od siebie względem środka oprawy na dłuższej ścianie wynosi 2,9 m, natomiast odległość od ściany wynosi 1,45 m. Odległość rzędu od ściany to 1,13 m oraz odległość między rzędami to 2,25 m.

Przedstawione (rys. 2) rozmieszczenie opraw wynosi, przy zadanym współczynniku zapasu $k = 1,25$, gwarantowało uzyskanie eksploatacyjnego natężenia oświetlenia na poziomie 500 lx.



Rys. 1. Zastosowana w przykładzie oprawa oraz krzywa światłości [4]

Fig. 1. Luminaire used in the calculations with the light beam curve [4]

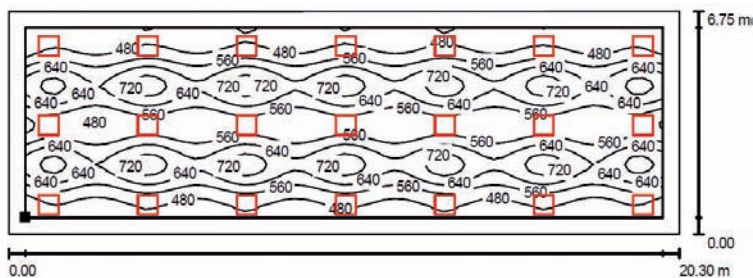


Rys. 2. Rozmieszczenie opraw oświetleniowych dla obliczeń metodą sprawności

Fig. 2. Luminaires layout spacings obtained by the lighting efficiency

3. Komputerowe obliczenie natężenia oświetlenia

Obliczanie natężenia oświetlenia przy użyciu programu jest realizowane przez utworzenie modelu pomieszczenia o zadanej geometrii (długość, szerokość oraz wysokość) oraz zdefiniowanie współczynników odbicia poszczególnych powierzchni lub wyboru wcześniej znanych materiałów, tworzących dane powierzchnie. Istnieje wiele programów wspomagających. W tym przypadku użyto popularnego programu DIALUX [5]. Zasympulowane w ten sposób pomieszczenie umożliwiło uzyskanie wyników dotyczących rozmieszczenia opraw oświetleniowych (rys. 3).



Rys. 3. Rozmieszczenie opraw oświetleniowych dla obliczeń komputerowych

Fig. 3. Luminaires layout spacings obtained by the computer calculations



Położenie powierzchni w pomieszczeniu:
Płaszczyzny pracy z 0,5 m
Margines
Zaznaczony punkt: (0,5 m, 0,5 m, 0,75 m)

Siatka: 64 × 32 punkty

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_m [lx]	E_{max}/E_m [lx]
575	416	779	0,723	0,534

Rys. 4. Otrzymane wyniki obliczeń

Fig. 4. The results of making calculations

Wykorzystanie programu wspomagającego projektowanie oświetlenia jest mniej czasochłonnym oraz łatwiejszym procesem. Dodatkowo jego wykorzystanie umożliwia przygotowanie wizualizacji obrazującej efekt otrzymanej pracy (rys. 5).



Rys. 5. Wizualizacja zasympulowanego pomieszczenia biurowego

Fig. 5. The visualization of simulated room office

Dodatkowo wykorzystanie programów obliczeniowych umożliwia obliczenie dodatkowych parametrów oświetleniowych, jak np. współczynnik ograniczenia oślnienia.

4. Wnioski

Uzyskane w obu metodach obliczeniowych wartości natężeń oświetlenia oraz liczby opraw są identyczne. Codzienna praktyka ukazuje jednak, iż tak otrzymane wyniki mogą się niekiedy różnić. Metoda sprawności jest bardziej czasochłonna i wymaga wielu żmudnych obliczeń, szczególnie gdy mamy do czynienia z dużym obiektem przemysłowym składającym się z wielu pomieszczeń. Łatwiej jest, wykorzystując

program komputerowy, używać poleceń kopiowania i edytowania, dokonywać niezbędnych obliczeń. Ponadto metoda sprawności mówi o tym, że zastosowanie symetrycznego rozmieszczenia opraw pozwoli uzyskać wymaganą równomierność, jednak nie jest powiedziane, ile będzie ona dokładnie wynosić. Problem z obliczeniami w tej metodzie pojawi się również wtedy, gdy należy zaprojektować pomieszczenie o nieregularnym kształcie (wzór jest poprawny jedynie dla pomieszczeń prostokątnych). Zastosowanie programu obliczeniowego umożliwia oprócz uzyskania samych wyników oraz rozmieszczenia, przedstawienie wizualizacji.

Bibliografia

1. PN-E-01005:1990 – *Technika Światlna. Terminologia*.
2. PN-EN 12464-1:2004 *Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach*.
3. Niestępski S., Parol M., Pasternakiewicz J., Wiśniewski T.: *Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
4. [www.lug.com.pl] – strona firmowa LUG SA.
5. [www.dialux.com] – DIAL light building software. ■

Light calculations in the past and today

Abstract: The development of computer hardware and software is also not spared the electrical industry, specifically its parts, namely lighting. The article presents the light calculations of illuminance office room by the lighting efficiency and using a program supporting the lighting design. Presented are the differences between the methods, and basic capabilities of the programs.

Keywords: projecting, lighting, computer lighting calculations

mgr inż. Krzysztof Rajecki

W 2008 r. uzyskał dyplom mgr. inż. na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej. Zajmuje się oświetleniem, poczynając od projektowania, aż do procesu realizacji. Jego zainteresowania obejmują wybrane dziedziny techniki świetlnej.

e-mail: krzysztof.rajecki@gmail.com

