

Andrzej PAWLAK

BŁĘDY W PROJEKTOWANIU OŚWIETLENIA POŚREDNIEGO Z DIODAMI ELEKTROLUMINESCENCYJNYMI Z WYKORZYSTANIEM PROGRAMÓW KOMERCYJNYCH

STRESZCZENIE *Instalacje oświetlenia pośredniego, w których obserwator nie widzi bezpośrednio źródeł światła, wydają się być idealnym miejscem, w którym można stosować diody elektroluminescencyjne (LED). Rozwiązania takie są już często stosowane, choć bardziej ze względu na aspekty estetyczne, niż walory użytkowe. Zastosowanie diod w tych instalacjach rozwiązuje wszystkie problemy jakie występują w przypadku świetlówek. Podczas wykonywania symulacji komputerowych, z wykorzystaniem najpopularniejszych komercyjnych programów oświetleniowych – Dialux i Relux, instalacji LED, w których obserwator nie będzie widział źródła światła, należy pamiętać, że otrzymane wizualizacje w ogóle nie oddają problemu olśnienia. Zauważono też znaczne rozbieżności parametrów oświetleniowych w wynikach obliczeniowych otrzymywanych z wykorzystaniem tych programów. W artykule omówiono także kilka rodzajów błędów, które często są popełniane przy projektowaniu instalacji oświetlenia pośredniego z wykorzystaniem źródeł LED.*

Słowa kluczowe: *diody elektroluminescencyjne, oświetlenie pośrednie, programy do projektowania oświetlenia Dialux i Relux*

mgr inż. Andrzej PAWLAK
e-mail: anpaw@ciop.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Techniki Bezpieczeństwa
Pracownia Promieniowania Optycznego
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

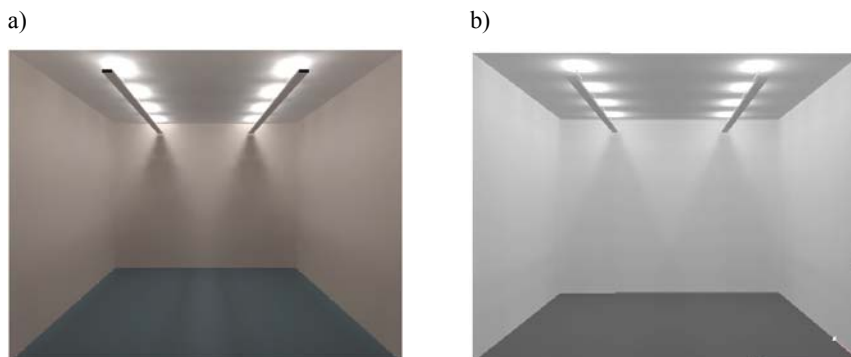
PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 268, 2015

1. WSTĘP

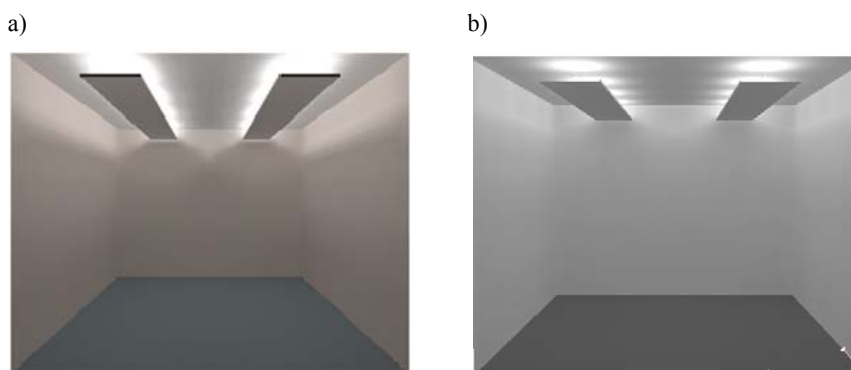
Oświetlenie pośrednie jest atrakcyjne zarówno pod względem oświetleniowym jak i estetycznym. Obserwator nie widzi bezpośrednio źródeł światła, a rozsył strumienia świetlnego kształtuje nie tylko oprawa oświetleniowa, ale również elementy architektoniczne [1]. Jednak pewnym problemem w stosowaniu tego typu instalacji oświetleniowych jest zazwyczaj ich mała sprawność eksploatacyjna [2, 3]. Celem niniejszego artykułu było przedstawienie wyników analiz obliczeń dwóch instalacji oświetleniowych – ze świetlówkami oraz diodami świecącymi. Do obliczeń podstawowych parametrów oświetleniowych tego typu instalacji wykorzystano współczesne programy wspomagające proces projektowania oświetlenia, które umożliwiają ponadto wykonanie wizualizacji tych instalacji. Do obliczeń wykorzystano dwa najpopularniejsze w Polsce międzynarodowe programy oświetleniowe Dialux [4] i Relux [5]. Ich algorytm oparty jest na metodzie strumieniowej obliczeń świetlnych – Monte Carlo [6, 7]. Analiza uzyskanych wyników obliczeniowych ujawniła jednak znaczne rozbieżności pomiędzy wynikami tych samych instalacji oświetleniowych modelowanych w różnych programach. Podjęto również próby oceny dokładności uzyskiwanych wyników, mając na względzie fakt, że szczegółowe algorytmy obliczeniowe tych programów nie są znane.

2. ANALIZA WYNIKÓW SYMULACJI INSTALACJI OŚWIETLENIA POŚREDNIEGO ZE ŚWIETŁÓWKAMI T5

W celu oceny dokładności wyników obliczeniowych otrzymywanych z wykorzystaniem programów Dialux i Relux wykonano symulacje oświetlenia pomieszczenia o wymiarach 4 x 5 m i wysokości 3,2 m oświetlanego za pomocą nowoczesnych świetlówek typu T5. Wszystkie powierzchnie pomieszczenia odbijały strumień świetlny w sposób równomiernie rozproszony. Współczynniki odbicia sufitu, ścian i podłogi wynosiły odpowiednio: 90%, 70% i 20%. W pomieszczeniu umieszczono na zwieszakach symetrycznie dwa rzędy po 4 sztuki świetlówek typu T5 o mocy 28 W i strumieniu świetlnym wynoszącym 2 600 lm. Środek świetlny świetlówek znajdował się 10 cm od sufitu. Świetłówki przesłaniano symetrycznymi przesłonami o zmiennej szerokości d_p i grubości 3 cm. Górna powierzchnia przesłony znajdowała się 20 cm od sufitu. Wszystkie powierzchnie przesłony miały współczynnik odbicia 90%. Symulacje wykonano w dwóch programach oświetleniowych Dialux i Relux. W obu programach efekty wizualizacji omawianego pomieszczenia były bardzo zbliżone, ale nie identyczne. Na rysunku 1 przedstawiono wizualizację instalacji z przesłonami o najmniejszej szerokości wynoszącej 10 cm, a na rysunku 2 z przesłonami o największej szerokości 60 cm. Na wizualizacjach otrzymywanych w programie Relux zwracają uwagę nierównomierności plam/cieni, jednak w początkowej fazie badań trudno było ocenić, czy jest to efekt błędnych oświetleniowych algorytmów obliczeniowych, czy tylko błędów graficznych.



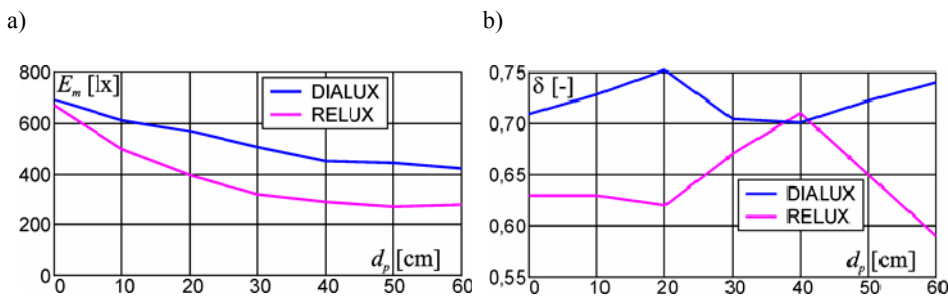
Rys. 1. Wizualizacja w programie Dialux (a) oraz Relux (b) badanej instalacji oświetlenia pośredniego z przesłoną o szerokości 10 cm [6]



Rys. 2. Wizualizacja w programie Dialux (a) oraz Relux (b) badanej instalacji oświetlenia pośredniego z przesłoną o szerokości 60 cm [6]

Oceny przydatności danej instalacji oświetleniowej można dokonać dopiero na podstawie wyników obliczeniowych jej parametrów. Zgodnie z PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach [8], do podstawowych parametrów instalacji oświetleniowych należą: średnia wartość natężenia oświetlenia E_m na powierzchni roboczej, równomierność oświetlenia na powierzchni roboczej (liczona jako iloraz wartości minimalnej do średniej) oraz wskaźnik ujednoczonej oceny oślnienia (UGR).

Na rysunku 3a przedstawiono wyniki obliczeniowe średniej wartości natężenia oświetlenia E_m na powierzchni roboczej, która obejmowała obszar całego pomieszczenia i znajdowała się na wysokości 0,75 m nad podłogą. Wykonano obliczenia instalacji z przesłonami o różnej szerokości d_p . Wartość $d_p = 0$ cm oznacza instalację bez przesłon. Obliczone w programach Dialux i Relux wartości natężenia oświetlenia E_m można uznać za zbliżone tylko dla instalacji bez przesłon. Wtedy obliczone wartości średniego natężenia oświetlenia E_m wynoszą odpowiednio: 693 lx i 671 lx. Różnicę 22 lx można uznać za pomijalną przy tym poziomie wartości E_m .



Rys. 3. Wyniki obliczeniowe średniej wartości natężenia oświetlenia (a) oraz równomierności oświetlenia (b) instalacji oświetlenia pośredniego z przesłonami o szerokości d_p [6]

Oczywistym jest, że wraz ze wzrostem szerokości d_p przesłon średnia wartość natężenia oświetlenia E_m powinna maleć. Jednak w obu programach skala tego spadku jest zdecydowanie różna. Wyniki obliczeniowe wartości E_m w programie Dialux spadają dużo wolniej niż w programie Relux. Otrzymane różnice obliczeniowe pomiędzy wartościami średniego natężenia oświetlenia E_m są nie do przyjęcia z punktu widzenia projektantów używających tych programów oświetleniowych. Przykładowo, przy przesłonie o szerokości d_p wynoszącej 60 cm wartość E_m obliczona w programie Dialux wynosi 422 lx, a w programie Relux 281 lx. Różnica 141 lx oznacza, że program Dialux obliczył wartość E_m aż o 50% większą niż program Relux! Dalszego zwiększania szerokości przesłony już nie symulowano, ponieważ uzyskano by poziom średniego natężenia oświetlenia poniżej 200 lx. Wartość 200 lx jest minimalną wg PN-EN 12464-1:2012 [8] jaka może być w miejscach stałego pobytu pracowników.

Zwraca również uwagę nierównomierność wyników E_m otrzymanych w programie Dialux oraz to, że przy większych szerokościach przesłon, średnia wartość natężenia oświetlenia w programie Relux nie spada, a wręcz nieznacznie rośnie. Wydaje się, mimo iż założono duży współczynnik odbicia przesłon i sufitu, że wzrost szerokości przesłon powinien powodować spadek średniego natężenia oświetlenia. Należy bowiem zauważyć, że przesłony zasłaniają nie tylko bezpośredni strumień świetlny źródła światła, ale i obszar sufitu o największej jasności. Zatem strumień świetlny, zanim padnie na powierzchnię roboczą musi się wielokrotnie odbić co powoduje jego wykładniczy spadek.

Nie mniej znaczące są różnice w wynikach obliczeniowych równomierności oświetlenia (rys. 3b). Należy zauważyć, że wartości równomierności obliczone w programie Dialux są zawsze większe od wartości 0,7. Natomiast w przypadku programu Relux wartość 0,7 osiągnięta jest tylko w jednym punkcie ($d_p = 40$ cm) i to nieznacznie. Oznacza to, że projektant korzystający z programu Dialux uznałby przedstawioną instalację za poprawną, a wykonujący obliczenia w programie Relux odrzucił takie rozwiązanie. Ten przypadek dotyczy również instalacji bez przesłon ($d_p = 0$ cm).

Badane programy oświetleniowe nie są przystosowane do oceny oślnienia przykrego w instalacjach oświetlenia pośredniego. Wskaźnik UGR ujednoliconej oceny oślnienia wyznaczany jest tylko na podstawie danych fotometrycznych opraw. W przypadku gdy źródła światła przesłonięte są przez elementy architektoniczne program Dialux nie wyznacza wartości wskaźnika UGR, a program Relux przypisuje mu wartość 0. Oznacza to, zgodnie z rzeczywistością, że wtedy oprawy nie powodują bezpośredniego

oświetlenia przykrego. Jednak w instalacjach oświetlenia pośredniego powierzchnie elementów architektonicznych mogą charakteryzować się luminancją niewiele mniejszą niż blisko położone źródła światła. Programy oświetleniowe nie oceniają jednak oświetlenia od tych powierzchni, które w takich instalacjach stają się wtórnymi źródłami światła.

Przedstawione znaczące różnice w wynikach obliczeniowych pokazują, że mimo możliwości wykonania w programach Dialux i Relux symulacji instalacji oświetlenia pośredniego, nie wiadomo jaka jest ich jakość. Projektant nie jest w stanie stwierdzić, który z analizowanych programów oświetleniowych daje wyniki bardziej zbliżone do rzeczywistości.

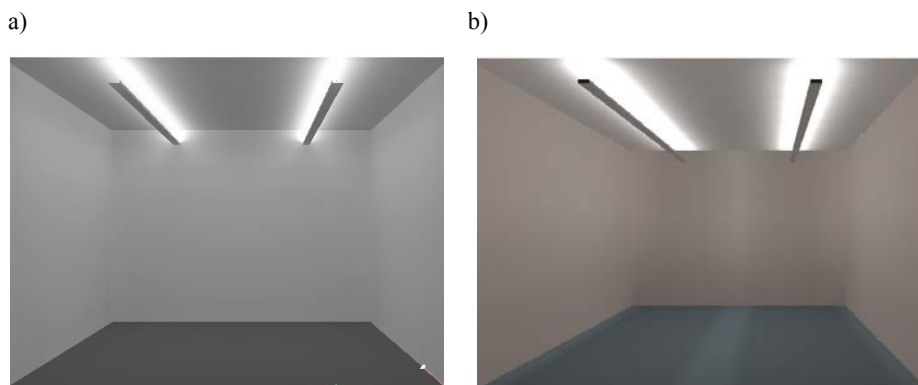
3. ANALIZA WYNIKÓW SYMULACJI INSTALACJI OŚWIETLANIA POŚREDNIEGO Z DIODAMI ŚWIECĄCYMI

Diody elektroluminescencyjne (LED) o dużej mocy, wynoszącej $1 \div 5$ W, są nowoczesnymi źródłami światła coraz częściej stosowanymi w oprawach oświetleniowych. Do niedawna charakteryzowały się one zbyt małą skutecznością świetlną. Natomiast obecnie osiągnęła ona już poziom najbardziej energooszczędnych źródeł światła. W związku z tym instalacje oświetlenia pośredniego, w których obserwator nie widzi bezpośrednio źródeł światła, wydają się być idealnym rozwiązaniem, w którym można właśnie zastosować LEDy. Jednak nierozwiązany pozostaje problem oświetlenia obserwatorów, którego źródłem mogą być oprawy z zamontowanymi LEDami. Przy czym należy pamiętać, że są one punktowymi źródłami światła o bardzo dużej luminancji.

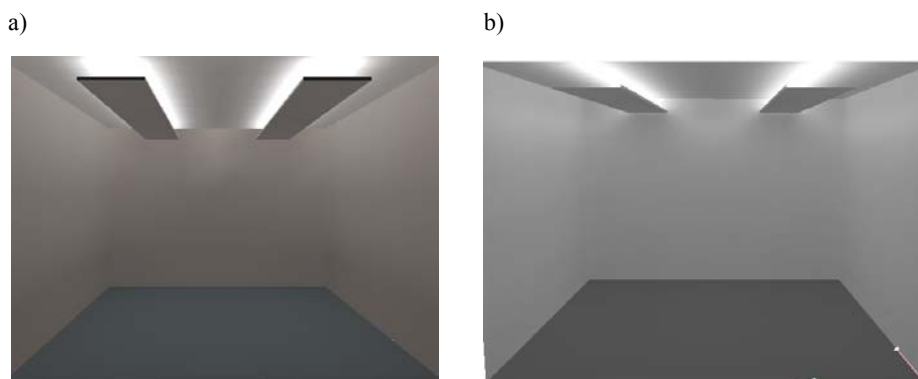
W celu oceny dokładności wyników obliczeniowych otrzymywanych z wykorzystaniem programów Dialux i Relux wykonano symulacje oświetlenia pomieszczenia identycznego jak w poprzednio rozpatrywanym przypadku instalacji ze świetłówkami typu T5. W pomieszczeniu umieszczono na zwieszakach symetrycznie dwa rzędy po 104 sztuki diod o mocy 1 W i strumieniu świetlnym wynoszącym 100 lm. Liczba diod została dobrana w taki sposób, aby sumaryczna wartość strumienia świetlnego źródeł światła w pomieszczeniu była w obu przypadkach identyczna. Założono lambertowski rozsył strumienia świetlnego diod świecących, co odpowiada LEDom o dużej mocy nie wyposażonym w dodatkowe elementy optyczne. Bryłę fotometryczną diod wprowadzono w postaci pliku z danymi obrotowo-symetrycznymi. Środek świetlny diod znajdował się 20 cm od sufitu. Tak jak poprzednio, diody przesłaniało od strony wewnętrznej pomieszczenia symetrycznymi przesłonami o zmiennej szerokości d_p i grubości 3 cm. Górna powierzchnia przesłony znajdowała się 20 cm od sufitu (diody były umieszczone na przesłonach).

Analogicznie jak w rozdziale 2, wykonano symulacje instalacji w dwóch programach oświetleniowych: Dialux i Relux. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowe wizualizacje instalacji z LEDami i przesłonami o najmniejszej szerokości wynoszącej 10 cm, a na rysunku 5 z przesłonami o największej szerokości 60 cm. Na podstawie porównania efektów wykonanych wizualizacji instalacji z LEDami oraz porównania ich z przedstawionymi na rysunkach 1 i 2 wizualizacjami instalacji ze świetłówkami T5 można jednoznacznie stwierdzić, że instalacja z LEDami tworzy na suficie plamę świetlną w postaci równomiernej linii świecącej podczas, gdy w przypadku instalacji ze świetłówkami T5 na suficie widać wyraźne plamy od poszczególnych świetłówek.

Pomimo identycznej bryły fotometrycznej diod świecących wprowadzonych w obu programach oraz takiego samego ich umiejscowienia w założonym pomieszczeniu, zwraca uwagę znacząco inna szerokość plam świetlnych widocznych na suficie w obu wizualizacjach. Ocenę przydatności instalacji oświetleniowej z LEDami dokonano na podstawie analizy średniej wartości natężenia oświetlenia E_m oraz równomierności oświetlenia na powierzchni roboczej.



Rys. 4. Wizualizacja w programie Dialux (a) i Relux (b) badanej instalacji oświetlenia pośredniego z LEDami i przesłoną o szerokości 10 cm [9]

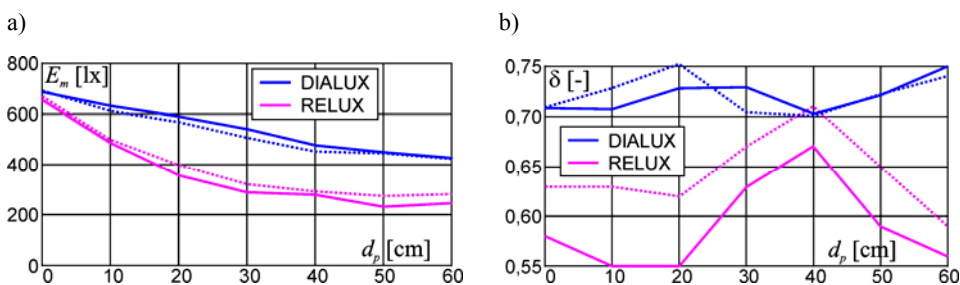


Rys. 5. Wizualizacja w programie Dialux (a) i Relux (b) badanej instalacji oświetlenia pośredniego z LEDami i przesłoną o szerokości 60 cm [9]

Na rysunku 6a przedstawiono wyniki obliczeniowe średniej wartości natężenia oświetlenia E_m na powierzchni roboczej, która obejmowała obszar całego pomieszczenia i znajdowała się na wysokości 0,75 m nad podłogą. Zastanawiające jest, wyniki obliczeniowe instalacji z LEDami (rys. 6a – linie ciągłe) i ze świetlówkami T5 (rys. 6a – linie kropkowane) niewiele się różnią pomimo, że świetlówki świecą w całą przestrzeń (w kącie 360°), a LEDy tylko w jedną półprzestrzeń (w kącie 180°). Szcze-

gólnie zastanawiające jest to w przypadku instalacji bez przesłon, w których wyniki obliczeniowe w programach Dialux i Relux różnią się odpowiednio tylko o 9 i 14 lx. Przy średnich wartościach natężenia oświetlenia wynoszących 684 i 657 lx jest to różnica na poziomie $1 \div 2\%$. Wydaje się więc, że różnica ta jest zbyt mała zważywszy, że w przypadku LEDów praktycznie cały strumień świetlny musi odbić się od sufitu zanim trafi na powierzchnię roboczą, a w przypadku świetlówek T5 duża część strumienia świetlnego pada na powierzchnię roboczą bezpośrednio. W związku z tym sprawność instalacji z LEDami powinna być mniejsza w stosunku do instalacji ze świetłówkami T5. Ewentualną sprzecznością jest fakt, że w programie Dialux wszystkie wyniki sprawności instalacji z LEDami są mniejsze niż instalacji ze świetłówkami T5, a w programie Relux odwrotnie.

Obliczone w programach Dialux i Relux wartości natężenia oświetlenia E_m są tak jak poprzednio, zbliżone tylko dla instalacji bez przesłon. Obliczone w programie Dialux wartości E_m maleją dużo wolniej niż w programie Relux. Otrzymane różnice obliczeniowe pomiędzy wartościami średniego natężenia oświetlenia E_m są nawet większe niż poprzednio, kiedy już były nie do przyjęcia z punktu widzenia projektantów używających tych programów oświetleniowych. Przykładowo, przy przesłonach o szerokości d_p wynoszącej 60 cm wartość E_m obliczona w programie Dialux wynosi 423 lx (praktycznie tyle samo co poprzednio), a w programie Relux 247 lx (13% mniej niż poprzednio). Różnica 176 lx oznacza, że program Dialux obliczył wartość E_m aż o 71% większą niż program Relux. Analogicznie jak w poprzednim przypadku, nie zwiększono już szerokości przesłony, ponieważ uzyskano by poziom średniego natężenia oświetlenia poniżej 200 lx.



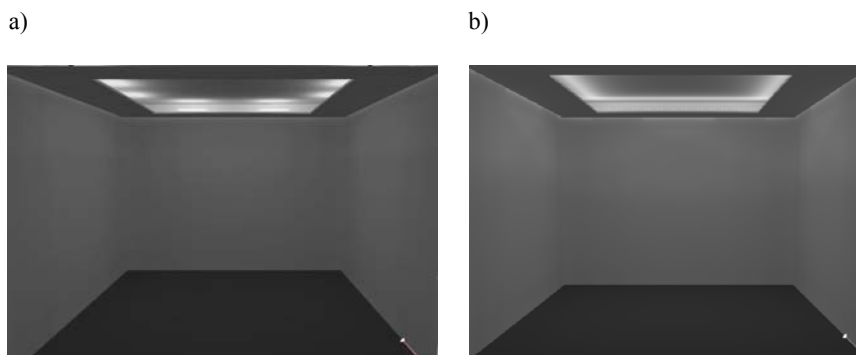
Rys. 6. Wyniki obliczeniowe średniej wartości natężenia oświetlenia E_m (a) i równomierności oświetlenia (b) instalacji oświetlenia pośredniego z LEDami i przesłonami o szerokości d_p (linie ciągłe); linie kropkowane – instalacja ze świetłówkami T5

Różnice w wynikach obliczeniowych równomierności oświetlenia instalacji z LEDami (rys. 6b – linie ciągłe) są jeszcze większe niż w przypadku instalacji ze świetłówkami T5 (rys. 6b – linie kropkowane). Tak jak poprzednio, wartości równomierności obliczone w programie Dialux są zawsze większe niż 0,7. W przypadku programu Relux wartość 0,7 nie jest osiągnięta w żadnym przypadku. Oznacza to, że projektant korzystający z programu Dialux uznałby przedstawioną instalację za poprawną, a wykonujący obliczenia w programie Relux odrzuciły takie rozwiązanie. Szczególnie zastanawiające jest to w przypadku instalacji bez przesłon (rys. 6b – $d_p = 0$ cm), dla której obliczone średnie wartości natężenia oświetlenia były zbliżone.

Badane programy oświetleniowe nie oceniają olśnienia przykrego w instalacjach oświetlenia pośredniego ponieważ LEDy świecą tylko w kierunku sufitu. We wszystkich przypadkach program Dialux nie wyznacza wartości wskaźnika UGR, a program Relux przypisuje mu wartość 0. Programy oświetleniowe nie oceniają olśnienia od powierzchni sufitu, którego fragmenty, jak można zobaczyć na wizualizacjach, są wtórnymi źródłami światła o dużej luminancji.

4. BŁĘDY W INSTALACJACH OŚWIETLANIA POŚREDNIEGO Z LEDAMI

Porównanie wizualizacji przykładowej instalacji oświetlenia pośredniego ze świetłówkami T5 (rys. 7a) i z LEDami (rys. 7b) wyraźnie pokazuje przewagę nowego rozwiązania. W przypadku świetlówek na suficie otrzymuje się nierównomierne plamy świetlne. Wprawdzie problem ten można rozwiązać umieszczając linię świetlówek na styk lub nawet na zakładkę, jednak wiąże się to zazwyczaj z wprowadzeniem do pomieszczenia zbyt dużej ilości strumienia świetlnego. Konieczne jest wtedy stosowanie układow ściemniających, co znacząco zwiększa koszty i tak już drogiej instalacji. nierozwiązywalnym problemem jest natomiast dobór długości świetlówek do długości wnęki oraz podświetlanie luków o małych promieniach krzywizny. Konieczna jest w tym zakresie współpraca projektowa architektów i oświetleniowców tak, aby instalacja mogła być wykonana w praktyce.



Rys. 7. Przykład wykonanej w programie Dialux wizualizacji instalacji oświetlenia pośredniego: ze świetłówkami T5 (a) oraz z LEDami świecącymi do góry (b)

Wszystkie te problemy rozwiązuje zastosowanie w instalacjach oświetlenia pośredniego źródeł LED (rys. 7b). Dobierając odpowiednio moc diod i ich rozstaw można otrzymać równomiernie podświetloną wnękę, o założonej jasności oraz dowolnej długości i kształcie. Dodatkową, często wykorzystywaną zaletą jest możliwość uzyskania oświetlenia barwnego lub o zmiennej barwie.

W wykonywanych obecnie instalacjach oświetlenia pośredniego z wykorzystaniem LEDów popełnia się często kilka rodzajów błędów. Jednym z nich jest skierowanie diod w stronę obserwatora (rys. 8).

Rys. 8. Przykład wykonanej w programie Dialux wizualizacji instalacji oświetlenia pośredniego z LEDami świecącymi do środka pomieszczenia



Choć rozwiązanie takie można uznać za interesujące pod względem artystycznym, to należy pamiętać, że diody świecące, nawet te o małej mocy, charakteryzują się luminancją większą niż 500 kcd/m^2 . Norma PN-EN 12464-1:2012 [8] nakazuje stosowanie źródeł światła o tak dużej jasności w oprawach o kącie ochrony nie mniejszym niż 30° . Ponieważ kąt ochrony definiowany jest od sufitu do pierwszej linii wzroku, kiedy obserwator jeszcze nie dostrzega źródeł światła, to skierowanie LEDów poziomo w kierunku obserwatora jest praktycznie niedopuszczalne. Należy wystrzegać się takich rozwiązań, szczególnie w przypadku wnęk, które oświetlają pomieszczenie z różnych kierunków (rys. 8), gdyż wtedy obserwator będzie zawsze oślepiany.

Porównując rysunki 7b i 8 trudno jest zauważyć różnice pomiędzy nimi, choć przedstawiają one wizualizacje dwóch całkowicie różnych rozwiązań oświetleniowych. Na rysunku 8 we wnęce widać czasami białe kropki, które obrazują świecące LEDy w kierunku obserwatora. Należy zdecydowanie podkreślić, że wizualizacje komputerowe, zarówno oglądane na ekranie monitora jak i w postaci wydruków, nie oddają prawidłowo rzeczywistego wyglądu instalacji po jej realizacji. Dotyczy to szczególnie prezentowanej instalacji, w której diody świecą w kierunku obserwatora (rys. 8). Wizualizacja komputerowa nigdy nie odda problemu olśnienia obserwatora. Wprawdzie podczas wykonywania wizualizacji fakt ten można wykorzystać dowolnie ustalając kierunek świecenia LEDów, ale może to być przyczyną późniejszych roszczeń inwestorów zaskoczonych olśnieniem podczas odbioru instalacji.

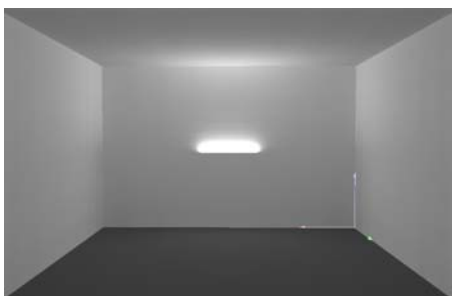
Innym dyskusyjnym rozwiązaniem jest umieszczenie linii LEDów zbyt blisko elementów architektonicznych, na których tworzą się jasne plamy świetlne od pojedynczych źródeł światła (rys. 9). Choć rozwiązanie takie można również uznać za zamierzony efekt artystyczny, to należy pamiętać, że na tak oświetlanej powierzchni nie powstanie równomierna plama świetlna, ale zespół plam o dużej luminancji. Plamy te mogą, jako wtórne źródła światła, powodować olśnienie.

Rys. 9. Widok ściany oświetlonej LEDami oddalonymi o 10 cm od siebie i o 1 cm od ściany

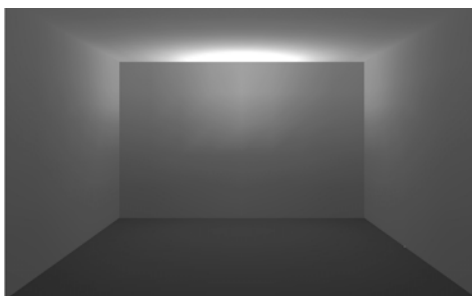


Na podstawie analizy efektów wizualizacji otrzymanych przy użyciu dwóch najpopularniejszych w Polsce międzynarodowych programów oświetleniowych – Dialux i Relux – można stwierdzić, że nie są one przystosowane do prawidłowej wizualizacji takiego rozwiązania. Do wniosku takiego można dojść Na rysunkach 10a i 10b pokazano wizualizacje pomieszczenia z jedenastoma diodami świecącymi oddalonymi o 10 cm od siebie i tylko o 1 cm od ściany (szerokość ściany – 5 m, odległość LEDów od sufitu – 1,7 m). Na żadnej wizualizacji nie otrzymano prawidłowego wyglądu pomieszczenia. Program Dialux pokazał wprawdzie plamę świetlną na ścianie, ale jak jedno pole, a nie 11 plam od poszczególnych LEDów (rys. 10a). Wizualizacja w programie Relux jest jeszcze gorsza, gdyż praktycznie w ogóle nie pokazuje jaśniejszego pola na ścianie, przy której umieszczono diody świecące (rys. 10b).

a)



b)



Rys. 10. Wizualizacja w programie Dialux (a) i Relux (b) sposobu świecenia 11 LEDów oddalonych od siebie o 10 cm i od ściany o 1 cm

5. WNIOSKI

Powszechnie stosowane programy oświetleniowe, takie jak Dialux i Relux, mogą służyć jedynie do wizualizacji instalacji oświetlenia pośredniego. Nie można natomiast na podstawie otrzymywanych wyników ocenić parametrów oświetleniowych takich instalacji. Wyniki przykładowych instalacji oświetleniowych otrzymane w programach Dialux i Relux znacząco różniły się. Szczegółowe badania nie dały odpowiedzi, w którym z tych programów otrzymane wyniki są dokładniejsze. Oba programy, w niektórych przypadkach jakie mają miejsce w instalacjach oświetlenia pośredniego, błędnie wyznaczają nawet bezpośrednie natężenie oświetlenia na oświetlanych powierzchniach. W programie Dialux nie uwzględnia się pionowej rozciągłości opraw. W programie Relux, wyniki symetrycznej instalacji oświetleniowej są niesymetryczne i nierównomierne, a ściany o zerowych współczynnikach mają niezerowe luminancje.

Natomiast wykonanie symulacji komputerowych instalacji oświetlenia pośredniego z diodami elektroluminescencyjnymi z wykorzystaniem ww. programów oświetleniowych jest wprawdzie możliwe, ale przydatność uzyskiwanych wyników mocno ograniczona. Różnice występują już w wizualizacjach, co widać porównując wyniki otrzymane w obu programach. Dotyczy to szczególnie przypadków, gdy LEDy umieszczone są blisko oświetlanych powierzchni, co często ma miejsce w instalacjach oświet-

lenia pośredniego z tymi źródłami światła. Należy również pamiętać, że wizualizacje komputerowe nigdy nie oddadzą problemu olśnienia obserwatora, szczególnie w instalacjach, w których LEDy mogą być bezpośrednio postrzegane. Dużo większe i bardziej znaczące różnice występują w wartościach otrzymanych parametrów oświetleniowych. W niektórych przypadkach, program Dialux obliczył średnią wartość natężenia oświetlenia w pomieszczeniu prawie dwukrotnie większą niż program Relux. Równie niedopuszczalne różnice występowały w obliczonych wartościach równomierności oświetlenia przykładowych instalacji oświetleniowych.

Wyniki w programie Dialux zawsze spełniały wymagania normatywne, podczas gdy w programie Relux nigdy. Ponieważ nie wiadomo, w którym z badanych programów otrzymane wyniki są bliższe rzeczywistości, to projektant nie jest w stanie stwierdzić, czy dana instalacja oświetlenia pośredniego z wykorzystaniem diod świecących będzie po wykonaniu spełniała wymagania normatywne

Podziękowania

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. Stasiewicz R.: Oprawy oświetlenia pośredniego, Przegląd Elektrotechniczny, nr 84, s. 151-3, 2008.
2. Fisher A.: Tolerances in lighting design - Report on the Round Table Discussion, CIE Seminar on Computer Programs for Light and Lighting, Vienna, Austria, 5-9 October, 1992, s. 102-103.
3. Fostervoldab K.I., Nersveen J.: Proportions of direct and indirect indoor lighting: the effect on health, well-being and cognitive performance of office. Lighting Research and Technology, 40(3), s. 175-200, 2008.
4. www.dial.de
5. www.relux.biz
6. Pawlak A., Zaremba K.: Dokładność symulacji oświetlenia pośredniego z wykorzystaniem programów oświetleniowych, Przegląd Elektrotechniczny, nr 4a, s. 120-122, 2012.
7. Zaremba K.: Metoda strumieniowa obliczeń świetlnych ulicznych opraw oświetleniowych, Praca doktorska, Politechnika Warszawska, 1994 [36/S].
8. PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
9. Zaremba K., Pawlak A.: Symulacja komputerowa instalacji oświetlenia pośredniego z diodami elektroluminescencyjnymi, Przegląd Elektrotechniczny, nr 8, s. 236-238, 2013.
10. CIE S 017/E: 2011 ILV: International Lighting Vocabulary.

ERRORS IN DESIGN OF INDIRECT LIGHTING
WITH EMITTING DIODES OCCURRED
BY USING COMMERCIAL COMPUTER PROGRAMS

Andrzej PAWLAK

ABSTRACT *Indirect lighting installations, in which the observer cannot see direct light sources, seem to be the perfect place where LEDs can be used. Such solutions are already commonly used, but mostly because of the aesthetic aspects than their usability. Usage of LEDs in these systems solves all the problems that exist in the case of fluorescent lamps. When performing computer simulations, using the most popular commercial lighting programs – Dialux and Relux, LED installation, in which the observer cannot see the light source, you have to remember that received visualizations do not touch the glare problem. Significant differences have been noted in the results of the lighting parameters that have been calculated by these programs. This article presents also several types of errors, which are often committed during designing of the indirect lighting using LED sources.*

Keywords: *light-emitting diode, Indirect lighting, commercial lighting programs – Dialux and Relux*