



# OPRAWY OŚWIETLENIOWE

Kształtowanie rozsyłu strumienia  
świetlnego i rozkładu luminancji

Wojciech Żagan

OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

# Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń . . . . .	9
<b>1. Wstęp . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>2. Wiadomości wstępne . . . . .</b>	<b>16</b>
2.1. Pojęcie oprawy oświetleniowej i jej zadania . . . . .	17
2.2. Budowa opraw oświetleniowych . . . . .	18
2.2.1. Źródła światła . . . . .	20
2.2.2. Odbłyśniki . . . . .	23
2.2.3. Szyba rozpraszająca . . . . .	24
2.2.4. Osłona promieniowania bezpośredniego . . . . .	26
2.2.5. Raster . . . . .	27
2.2.6. Klosz . . . . .	28
2.2.7. Filtr barwny . . . . .	28
2.2.8. Korpus . . . . .	29
2.2.9. Oprawka źródła światła . . . . .	30
2.2.10. Dławica . . . . .	32
2.2.11. Uchwyt mocujący . . . . .	33
<b>3. Klasyfikacja opraw oświetleniowych . . . . .</b>	<b>36</b>
3.1. Kryterium pierwotnej funkcji oprawy . . . . .	37
3.2. Kryterium podstawowej przestrzeni zastosowania . . . . .	38
3.3. Kryterium użytego źródła światła . . . . .	39
3.4. Kryterium odporności na czynniki zewnętrzne . . . . .	39
3.4.1. Klasyfikacja IP . . . . .	40
3.4.2. Klasyfikacja IK — wytrzymałość na uderzenia . . . . .	41
3.5. Kryterium rodzaju symetrii bryły fotometrycznej . . . . .	42
3.5.1. Oprawy oświetleniowe o obrotowo-symetrycznej bryle fotometrycznej . . . . .	42
3.5.2. Oprawy oświetleniowe o dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyznach symetrii bryły fotometrycznej . . . . .	43
3.5.3. Oprawy o asymetrycznej bryle fotometrycznej . . . . .	44
3.5.4. Oprawy o niesymetrycznej bryle fotometrycznej . . . . .	44
3.6. Kryterium podziału przestrzennego strumienia świetlnego emitowanego z oprawy . . . . .	45
3.7. Kryterium charakteru bryły fotometrycznej . . . . .	46
3.8. Kryterium miejsca i sposobu zamocowania oraz ukierunkowania oprawy . . . . .	49
<b>4. Właściwości refleksyjno-transmisyjne materiałów stosowanych do budowy układu optycznego opraw oświetleniowych . . . . .</b>	<b>54</b>
4.1. Charakterystyka cech refleksyjnych materiałów na elementy układu optycznego . . . . .	55
4.2. Cechy transmisyjnych materiałów używanych na elementy układu optycznego opraw . . . . .	62
4.3. Analityczny opis cech refleksyjnych materiałów . . . . .	66

<b>5. Wpływ geometrii i cech refleksyjno-transmisyjnych układu optycznego oraz właściwości świetlnych źródła światła na bryłę fotometryczną oprawy oświetleniowej . . . . .</b>	<b>70</b>
5.1. Różne aspekty doboru źródła światła do konstrukcji oprawy oświetleniowej . . . . .	71
5.2. Wpływ geometrii układu optycznego . . . . .	75
5.3. Wpływ właściwości refleksyjno-transmisyjnych materiałów konstrukcyjnych układu optycznego oprawy na jej bryłę fotometryczną . . . . .	79
<b>6. Podstawy geometryczne kształtowania bryły fotometrycznej opraw oświetleniowych</b>	<b>84</b>
6.1. Parabola jako podstawowy profil odbłyśnika zwierciadlanego. Istniejące rozwiązania odbłyśników o profilu parabolicznym . . . . .	85
6.2. Eliptyczny profil odbłyśnika zwierciadlanego . . . . .	93
6.3. Zwierciadło sferyczne . . . . .	96
6.4. Zwierciadło hiperboliczne . . . . .	97
6.5. Właściwości skupiające niekonwencjonalnych form odbłyśników . . . . .	98
6.6. Wielokrzywiznowe układy odbłyśników zwierciadlanych . . . . .	99
6.7. Geometryczne podstawy kształtowania rozsyłu strumienia świetlnego w następstwie przepuszczania światła . . . . .	100
6.7.1. Sfera jako podstawowa forma powierzchni granicznej kształtującej bryłę fotometryczną światła przepuszczonego kierunkowo . . . . .	102
<b>7. Obliczenia fotometryczne opraw oświetleniowych . . . . .</b>	<b>110</b>
7.1. Istota obliczeń fotometrycznych . . . . .	111
7.2. Podstawy analityczne obliczeń fotometrycznych opraw oświetleniowych . . . . .	112
7.3. Charakterystyczne rozkłady luminancji na powierzchni wyjściowej oprawy oświetleniowej	115
7.3.1. Dyskretyzacja powierzchni układu optycznego opraw oświetleniowych . . . . .	116
7.3.2. Figura jasnych punktów . . . . .	117
7.3.3. Obraz powierzchni wyjściowej oprawy oświetleniowej o rozpraszających cechach układu optycznego . . . . .	124
7.4. Światłość oprawy oświetleniowej jako funkcja założenia stałej luminancji powierzchni wyjściowej . . . . .	127
7.4.1. Założenie stałej luminancji wewnątrz FJP . . . . .	127
7.4.2. Założenie stałej luminancji rozpraszającej powierzchni wyjściowej . . . . .	130
7.5. Metody obliczeń opraw oświetleniowych . . . . .	130
7.5.1. Obliczenie rozkładu luminancji na powierzchni wyjściowej metodą promieni odwrotnych . . . . .	133
7.5.2. Obliczenie rozkładu luminancji na powierzchni wyjściowej metodą Monte Carlo	136
7.6. Uprozczone obliczenia fotometryczne opraw oświetleniowych . . . . .	140
7.6.1. Wyznaczanie trapezowego wykresu rozsyłu strumienia świetlnego reflektorów i projektorów soczewkowych . . . . .	140
7.6.2. Obliczenia układów odbłyśników z lustrzaną makrostrukturą powierzchni odbijającej . . . . .	152
7.6.3. Uprozczone obliczenia opraw oświetleniowych o rozpraszających właściwościach refleksyjno-transmisyjnych układu optycznego . . . . .	162
7.6.4. Obliczanie odbłyśników rozpraszających o symetrii obrotowej układu optycznego	172
7.6.5. Obliczanie walcowych odbłyśników rozpraszających ze źródłem liniowym . . . . .	173
<b>8. Metody i przykłady projektowania układów opraw oświetleniowych . . . . .</b>	<b>180</b>
8.1. Metoda modyfikacji klasycznych rozwiązań . . . . .	181
8.1.1. Definiowanie wymagań fotometrycznych dla oprawy oświetleniowej . . . . .	181
8.1.2. Poszukiwanie układu optycznego o bryle fotometrycznej podobnej do wymaganej	184

8.2. Projektowanie odbłyśników facetkowych . . . . .	189
8.3. Metoda zapełniania krzywej światłości przez wykresy strefowe . . . . .	194
<b>9. Kształtowanie rozsyłu strumienia świetlnego przez oprawy z elektroluminescencyjnymi źródłami światła . . . . .</b>	<b>200</b>
9.1. Ocena obecnych i prognoza przyszłych zastosowań oświetleniowych diod elektroluminescencyjnych . . . . .	201
9.1.1. Podstawa oceny źródła światła i jego aplikacji oświetleniowych . . . . .	201
9.1.2. Cechy elektryczne i fotometryczne LED-ów istotne z punktu widzenia budowy opraw oświetleniowych . . . . .	202
9.1.3. Właściwości LED-ów istotne dla urządzeń oświetleniowych . . . . .	205
9.2. Sposoby kształtowania bryły fotometrycznej LED-ów . . . . .	212
9.2.1. Model bryły świecącej diod elektroluminescencyjnych . . . . .	212
9.2.2. Pierwotne układy optyczne diod elektroluminescencyjnych . . . . .	214
9.2.3. Wtórne układy optyczne LED-ów . . . . .	216
9.3. Kształtowanie przestrzennego rozsyłu strumienia świetlnego opraw ze źródłami elektroluminescencyjnymi . . . . .	220
9.3.1. Wieloźródłowe oprawy LED z płaską matrycą powielającą . . . . .	221
9.3.2. Wieloźródłowe oprawy LED z przestrzenną matrycą kształtującą . . . . .	223
<b>10. Kształtowanie bryły fotometrycznej i rozkładu luminancji lamp sygnałowych . . . . .</b>	<b>230</b>
10.1. Podstawy teoretyczne sygnalizacji świetlnej . . . . .	231
10.1.1. Cechy rozróżnialności sygnałów świetlnych . . . . .	231
10.1.2. Progowe poziomy intensywności sygnałów świetlnych . . . . .	232
10.1.3. Widoczność meteorologiczna . . . . .	233
10.1.4. Widoczność geometryczna sygnałów świetlnych . . . . .	235
10.1.5. Zasady doboru barw sygnałowych . . . . .	235
10.2. Kształtowanie rozsyłu światłości lamp sygnałowych . . . . .	236
10.2.1. Charakterystyka wymagań fotometrycznych lamp sygnałowych . . . . .	236
10.2.2. Różne rozwiązania układu optycznego lamp sygnałowych . . . . .	239
10.2.3. Oślepienie powodowane przez lampy sygnałowe . . . . .	244
10.3. Kształtowanie rozkładu luminancji na powierzchni wyjściowej lamp sygnałowych . . . . .	247
10.3.1. Rozkład luminancji na powierzchni klosza jako cecha fotometryczna, użytkowa i estetyczna . . . . .	247
10.3.2. Możliwości kształtowania rozkładu luminancji powierzchni wyjściowej kloszy lamp sygnałowych . . . . .	251
Literatura . . . . .	255
Skorowidz . . . . .	258