

7. SVÍTIDLA

Světelné zdroje většinou samy o sobě nevyhovují pro osvětlovací účely, neboť obvykle mají nevhodné rozdělení světelného toku, příliš vysoký jas a ani nejsou odolné proti různým vlivům prostředí. Proto se světelné zdroje umísťují do svítidel. **Svítidla** jsou světelné přístroje (zařízení), která slouží jednak k úpravě prostorového rozložení světelného toku zdrojů, k rozptýlení jejich světla, popřípadě i ke změně spektrálního složení záření a jednak k napájení zdrojů elektrickou energií, k jejich upevnění a k ochraně světelných zdrojů před nepříznivými vlivy obklopujícího prostředí. Vhodná konstrukce svítidel a jejich správné umístění jsou hlavními prostředky ke snížení jasu světelných zdrojů v určitých směrech a k odstranění nebezpečí oslnění. Kromě zmíněných světelně technických požadavků musí svítidla umožňovat jednoduchou montáž a údržbu, musí být dostatečně trvanlivá a funkčně spolehlivá, musí vyhovovat i z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím, ochrany před dotykem živých částí, vniknutím cizích předmětů či vody, popřípadě ochrany před nebezpečím výbuchu a musí odolávat dalším namáháním a nepříznivým vlivům prostředí. Při konstrukci svítidel je však nutno respektovat i estetické požadavky a požadavek maximální hospodárnosti.

Rozdělení světelného toku svítidla do prostoru charakterizuje fotometrická plocha svítivosti, popřípadě jas. V praxi se však běžně udává pouze několik rovinných řezů plochou svítivosti, tj. čar svítivosti ve vhodně zvolených rovinách a několik hodnot jasu svítidla v určitých vybraných směrech.

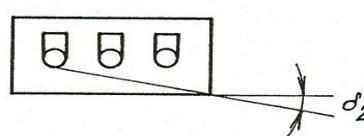
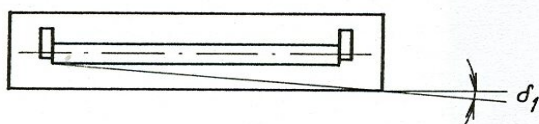
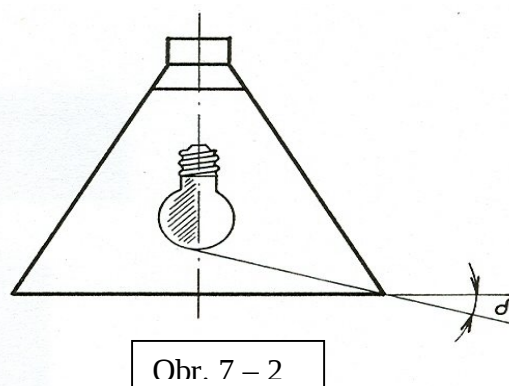
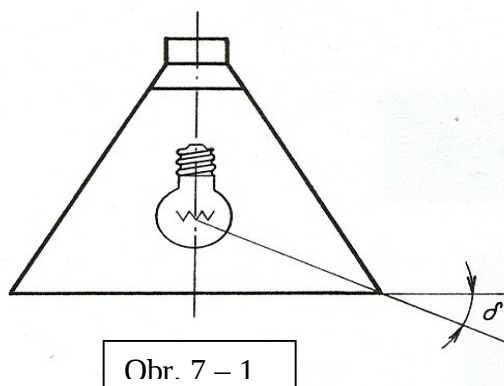
Kromě svítidel pro běžné osvětlovací účely se v praxi často využívá též světlometů. **Světlometry** jsou světelné přístroje, které vyzařují směrově soustředěný svazek světelných paprsků. Používá se jich převážně pro osvětlování z velkých vzdáleností. Ke světelným přístrojům patří také **návěstidla**, používaná ke světelnému značení a signalizaci, zejména v dopravě.

Svým použitím i konstrukcí se ke svítidlům řadí také **ozařovače** pro oblast optického záření. Jde o zařízení, která mění rozložení optického záření zdrojů, rozptylují je, popř. mění jeho spektrální složení. Konstrukce ozařovačů je obdobná konstrukci svítidel a často jsou v nich použity světelné zdroje pro všeobecné osvětlování. Optické záření světelných zdrojů zde slouží k účelům technologickým. Podle použití se ozařovače rozdělují na fotosyntetické, fotochemické, apod.

7.1 Světelně činné a konstrukční části svítidel

Svítidla se skládají z částí světelně činných a z částí konstrukčních. Světelně činné části slouží ke změně rozložení světelného toku, popřípadě i ke změně spektrálního složení světla. Konstrukční části slouží k upevnění samotných světelných zdrojů a světelně činných částí, dále k jejich ochraně a k napájení zdrojů světla.

Podle charakteru potřebné úpravy prostorového rozdělení světelného toku se svítidla vybavují různými světelně činnými částmi, a to stínidly, reflektory, refraktory, čočkami, difuzory či filtry. **Stínidla** jsou clony z neprůsvitné nebo rozptýlné látky, jejichž účelem je bránit přímému pohledu na světelný zdroj. Stínidla mohou mít i tvar mřížky složené z pásků. Míra zaclonění světelného zdroje stínidly se určuje tzv. **úhlem clonění**. Úhel clonění d je nejmenší ostrý úhel mezi vodorovnou rovinou a přímkou spojující okraj stínidla s primárním světelným zdrojem, tj. s vláknem čirých žárovek (viz obr. 7-1), povrchem baňky žárovek s opálovou a matovanou baňkou a výbojek s baňkou opatřenou vrstvou luminoforu (viz obr. 7-2), s povrchem trubic zářivek, popřípadě obecně s okrajem plochy zdroje s vysokým jasnem. U zářivkových svítidel se udává úhel clonění v podélném d_1 a v příčném d_2 směru (viz obr. 7-3a a 7-3b).



Obr. 7 - 3a

Obr. 7 - 3b

Reflektory jsou části svítidel, které mění prostorové rozložení světelného toku odrazem světla, zatím co **refraktory** a čočky mění rozdělení toku prostupem a lomem světelných paprsků a **difuzory** (rozptylovače) pak prostupem a rozptylem světla. **Filtry** jsou světelně činné části svítidel, které mění spektrální složení jimi procházejícího světelného záření nebo zmenšují světelný tok tohoto záření.

Pokud jde o reflektory, mohou být zrcadlové (tj. reflektory se zrcadlovým odrazem, difúzní či rozptylové (tj. reflektory s difúzním odrazem) a matované (tj. reflektory se smíšeným, tzn. částečně zrcadlovým a částečně difúzním odrazem).

Rozptylovače mohou pak být difúzní (s difúzním prostupem), matné (se smíšeným prostupem; světlo se rozptyluje v materiálu difuzoru) a matované (se smíšeným prostupem; světlo se rozptyluje na jejich povrchu).

Svítidla se zrcadlovými reflektory se ve světelně technické praxi stále více prosazují, neboť se vyznačují vysokou účinností a velkými možnostmi úpravy rozložení světelného toku. Na rozdíl od difúzních reflektorů jsou zrcadlové reflektory navrhovány tak, aby na odrazové ploše docházelo pouze k jednomu odrazu paprsků směrem do výstupního otvoru svítidla, a to podle požadavku na tvar křivky svítivosti. Reflektory se nejčastěji vakuově pokovují hliníkem nebo se vyrábějí z hliníkového plechu plátovaného čistým hliníkem, který se chemicky leští.

Předpokladem úspěšného provozu svítidla se zrcadlovým reflektorem je možnost nastavení světelného středu zdroje do světelného středu optického systému svítidla, souosost zdroje s optickou osou systému a dlouhodobé zachování odrazných vlastností reflektoru. Svítidla se zrcadlovými reflektory umožňují vytvořit speciální rozložení svítivosti a současně snížit jas svítidel ve směrech, které jsou kritické z hlediska oslnění. Zahraniční výrobci aplikují u celé řady, zejména zářivkových svítidel, zrcadlové parabolické clony a zajišťují tak odraz paprsků do vhodně vybraného směru. Využití takových svítidel umožňuje dobře zabránit oslnění na mnoha pracovištích, včetně pracovišť s obrazovkami.

Ke konstrukčním částem svítidla patří především těleso (nosná část) svítidla, objímka pro instalaci, mechanické uchycení a elektrické připojení světelného zdroje, dále držák objímky (připevňující objímku k tělesu svítidla), elektrické příslušenství (předřadníky, zapalovací zařízení, kompenzační kondenzátory), elektroinstalační součásti (např. svorkovnice, vývodky, vodiče apod.), ochranné kryty zdrojů a světelně činných částí (včetně upevňování příruby a těsnění) a konečně také upevňovací prvky pro připevnění svítidla k nosné konstrukci (např. závěsná oka, výložníky, šňůry, trubky, řetízky, dotykové spojky, čepy, montážní lišty apod.).

7.2 Třídění svítidel

Svítidla se rozdělují podle druhu použitého světelného zdroje, podle rozložení světelného toku, podle stupně clonění, podle ochrany před nebezpečným dotykovým napětím, podle druhu krytí svítidel, podle upevnění a podle účelu použití svítidel.

Podle světelného zdroje, pro který jsou svítidla určena, se rozeznávají zejména svítidla žárovková, zářivková a výbojková.

Třídění svítidel podle rozdělení světelného toku do dolního a horního poloprostoru je patrné z tab.7-1.

Tab. 7-1 Třídy svítidel podle rozložení toku

Třída rozložení světelného toku	Svítidlo	Rozdělení světelného toku v % toku svítidla	
		do poloprostoru	
		dolního	horního
I	přímé	nad 80	do 20
II	převážně přímé	60 až 80	40 až 20
III	smíšené	40 až 60	60 až 40
IV	převážně nepřímé	20 až 40	80 až 60
V	nepřímé	do 20	nad 80

Důležitou světelně technickou charakteristikou svítidel je rozložení svítivosti. Nejčastěji se čáry (křivky) svítivosti udávají v polárních souřadnicích, i když přesnost čtení údajů je v pravouhlých souřadnicích vyšší. S rozložením svítivosti zakresleným v pravouhlém souřadnicovém systému se můžeme často setkat u světlometů. K vystižení tvaru čáry (křivky) svítivosti se využívá činitele K_F tvaru křivky svítivosti a úhlového pásma maximální svítivosti. Činitel K_F je určen poměrem maximální hodnoty $I_{\max}$ svítivosti ke střední hodnotě svítivosti $I_{stř}$

$$K_F = \frac{I_{\max}}{I_{stř}} \quad (- ; \text{cd}, \text{cd}) \quad (7 - 1)$$

Střední hodnota svítivosti se pro danou křivku svítivosti nejčastěji stanovuje ze vztahu

$$I_{stř} = \frac{1}{9} \sum_{g=5}^{85} I_g \quad \text{nebo z výrazu} \quad I_{stř} = \frac{1}{9} \sum_{g=175}^{95} I_g \quad (7 - 2)$$

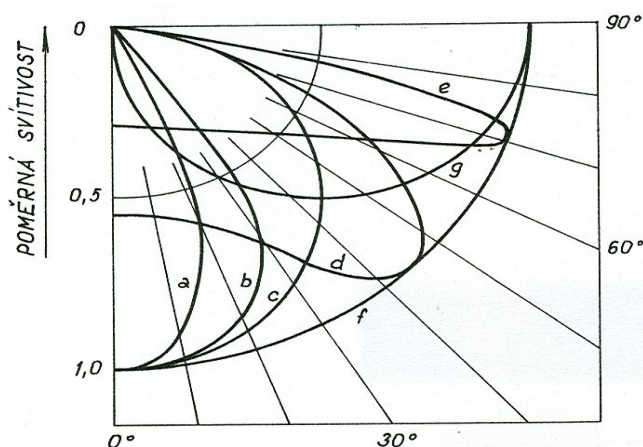
kde $g = 5, 15, 25, \dots, 75, 85^\circ$ nebo $g = 95, 105, 115, \dots, 165, 175^\circ$

Třídění svítidel podle tvaru čáry svítivosti, úhlového pásma maximální svítivosti a činitele K_F tvaru čáry svítivosti je zřejmé v tab.7-2. Typové čáry svítivosti jsou nakresleny na obr. 7-4.

Tab.7 - 2 Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti

Tvar křivky svítivosti (obr. 7-4)		Oblast úhlů max. svítivosti ($^\circ$)	Činitel K_F tvaru
označení	název		
a	koncentrovaná	0 až 15	$K_F \geq 3$
b	hluboká	0 až 30, 150 až 180	$2,0 \leq K_F < 3$
c	kosinusová	0 až 35, 145 až 180	$1,3 \leq K_F < 2$
d	pološiroká	35 až 55, 125 až 14	$1,3 \leq K_F$
e	široká	55 až 85, 95 až 125	$1,3 \leq K_F$
f	rovnoměrná	0 až 180	$1,3 \leq K_F$, přičemž $I_{\min} < 0,7 \cdot I_{\max}$
g	sinusová	70 až 90, 90 až 100	$1,3 < K_F$, přičemž $I_0 < 0,7 \cdot I_{\max}$

I_0 je svítivost v optické ose svítidla; $I_{\min}$ min. svítivost; $I_{\max}$ max. svítivost



Obr. 7 - 4

Typové křivky svítivosti svítidel

Svítidla pro venkovní prostory musí mít ve vertikální rovině křivku svítivosti širokou, pološirokou, kosinusovou nebo sinusovou.

Kromě zajištění vhodného rozložení světelného toku svítidel zaměřeného k dosažení požadované hladiny osvětlenosti, je třeba svítidla také charakterizovat z hlediska zábrany oslnění. U svítidel určených pro osvětlování vnitřních prostorů se pro kontrolu oslnění nejčastěji udávají jasy těchto svítidel v různých směrech.

U venkovních svítidel se k zábraně oslnění přispívá tím, že se předepisují maximální hodnoty svítivosti, a to pro určité stupně oslnění a pro určité směry ve vybraných rovinách soustavy C - g (viz tab.7-3).

Tab.7 - 3 Maximální hodnoty svítivosti pro různé stupně oslnění

Stupeň oslnění		1	2
$I_{\max}$ (cd.klm ⁻¹) v rovinách C0 až C15; C165 až C185	pro 90°	10	50
	pro 80°	30	100

Pro uliční svítidla kromě toho norma ČSN 360603 Venkovní elektrická svítidla stanovuje hodnoty maximálních svítivostí uvedené v tab.8-4.

Tab.7 – 4 Maximální hodnoty svítivosti uličních svítidel

Úhel od svislice (°)	75	80	85	90
Maximální dovolená svítivost (cd.klm ⁻¹)	200	80	25	20

Podle ochrany před **nebezpečným dotykovým napětím** neživých částí se v souladu s normou ČSN 34 1010 svítidla dělí do tříd 0, I, II a III. Svítidla třídy 0 jsou vybavena pouze pracovní izolací bez možnosti připojení ochranného vodiče a vyrábějí se jen pro vestavění do určitých zařízení, takže po zabudování mají ochranu třídy I nebo II. Svítidla třídy I mají všude alespoň pracovní izolaci a jsou vybavena ochrannou svorkou či kontaktem pro připojení ochranného vodiče. Mají-li tato svítidla pohyblivý přívod, má tento přívod ochranný vodič a připojují se vidlicí s ochranným kontaktem. Svítidla třídy II mají všude dvojitou nebo zesílenou izolaci a nejsou zařízení k připojení ochranného vodiče. Tato svítidla mohou být provedena jako izolačně krytá, kovově krytá nebo kombinací těchto dvou způsobů krytí. Svítidla třídy III jsou určena pro připojení na zdroj malého napětí, např. 12 V, či 24 V a nemají žádné vnitřní ani vnější obvody s napětím vyšším.

Členění svítidel podle druhu krytí před vniknutím cizích předmětů, před nebezpečným dotykem a před vniknutím vody se řídí normou ČSN 33 0330 „Krytí elektrických zařízení“ a je charakterizováno značkou složenou z písmen IP a dvojčíslí v rozmezí 00 až 68. První číslice (od 0 do 6) charakterizuje ochranu před nebezpečným dotykem živých nebo pohybujících se částí a před vniknutím cizích předmětů. Druhá číslice (od 0 do 8) označuje stupeň ochrany před vniknutím vody. Druh krytí svítidla musí odpovídat charakteru prostředí, v němž má být svítidlo provozováno (viz zejména normu ČSN 33 2310 „Předpisy pro elektrická zařízení v různých prostředích“).

Uvedme alespoň několik v praxi se často vyskytujících krytí svítidel: IP 00 (svítidla nekrytá; jsou povolena pouze pro malé napětí), IP 20 (svítidla chráněná; nejnižší dovolené krytí svítidel pro nízké napětí), IP 21, popř. IP 41 (svítidla chráněná před kapající vodou), IP 23 a IP 43 (svítidla chráněná před deštěm), IP 54 a IP 55 (částečně prachotěsná), IP 55 a IP 65 (chráněná před tryskající vodou), IP 65 a IP 66 (prachotěsná), IP 67 a IP 68 (ponorná) a další. Zvláštní skupinu tvoří svítidla nevýbušná, konstruovaná tak, aby za určitých provozních podmínek nemohla vznítit výbušnou směs (viz ČSN 360607 Nevýbušná elektrická svítidla).

Podle upevnění se svítidla dělí na pevná a pohyblivá. Pevná svítidla jsou stropní, nástěnná, vestavná, závěsná a stojanová. Pohyblivá svítidla mohou být stojanová (nasaditelná), přenosná (ruční) a převozná (na kolečkách, na vozíku).

Podle účelu použití svítidel je možno svítidla dále členit např. na svítidla pro byty a společenské prostory, na svítidla pro průmyslové prostory, pro venkovní prostory apod.

7.3 Světelná účinnost svítidel

Světelný tok Φ_{sv} vycházející ze svítidla je vždy vlivem ztrát v optickém systému svítidla menší než světelný tok zdrojů instalovaných ve svídle. Hospodárnost svítidla ze světelně technického hlediska charakterizuje světelná účinnost h_{sv} svítidla definovaná poměrem světelného toku Φ_{sv} svítidla ke světelnému toku Φ_z zdrojů $h_{sv} = \Phi_{sv} / \Phi_z$. Hodnoty účinnosti svítidel se pohybují v širokých mezích přibližně od 0,3 do 0,9.

Účinnost svítidla je závislá jak na druhu zdroje a jeho fotometrické ploše svítivosti, tak i na jeho poloze ve svídle. Na účinnost svítidla má vliv tvar a konstrukce svítidla, světelně technické vlastnosti materiálů částí svítidla, které odrážejí či propouštějí světlo. U otevřených svítidel vychází sice část světelného toku zdrojů ze svítidel přímo a tedy beze ztrát, ovšem zbylá část světelného toku, dopadající na světelně činné části svítidel, vychází ze svítidel otevřených zmenšena o tok pohlcený v optickém systému svítidel. Účinnost svítidla je tedy tím vyšší, čím větší část světelného toku zdrojů vychází ze svítidel přímo, aniž by byla podrobena odrazům, lomům či prostupu jakoukoliv vrstvou. Podíl toku přímo vycházejícího ze svítidel je též závislý na úhlu clonění.

Je-li světelný tok použitého světelného zdroje závislý na teplotě okolí (jako je tomu např. u zářivkových svítidel), udává se jednak optická účinnost svítidla a jednak účinnost provozní. Optická účinnost se stanovuje z hodnot světelných toků svítidla a zdrojů určených za stejných podmínek a pracovní teploty jako při provozu svítidla. Provozní účinnost svítidla je pak určena poměrem toku vyzařovaného svídlem při provozní teplotě k toku zdrojů, který se stanoví ze předepsaných podmínek (s normalizovaným předradníkem za normalizované zkušební teploty).

Snahou konstruktéra svítidel musí být dosažení co nejvyšší provozní účinnosti svítidel, aby byl co nejvíce využit elektrický příkon. Např. u většiny svítidel určených pro osvětlování ulic a průmyslových provozů se předepisuje minimální účinnost svítidel 60%, u některých dokonce 65%.

Účinnost svítidla se většinou určuje na základě měření světelného toku zdrojů instalovaných ve svídle a toku svítidla. V některých jednodušších případech je možno účinnost svítidla stanovit i výpočtem.

Příklady výpočtu účinnosti svítidla

- a) Výpočet účinnosti souměrného svítidla se zrcadlovým reflektorem. U otevřeného svítidla vychází světelný tok Φ_z zdroje z části ze svítidla přímo do prostoru (Φ_p) a z části dopadá na povrch reflektoru (Φ_r). Od reflektoru s činitelem odrazu ρ se odrazí světelný tok $\rho \cdot \Phi_r$. Za předpokladu, že dochází jen k jednonásobnému odrazu každého paprsku, bude celkový světelný tok Φ_{sv} vycházející ze svítidla roven

$$\Phi_{sv} = \Phi_p + \rho \cdot \Phi_r \quad (7 - 3)$$

a pro účinnost svítidla vychází vztah

$$h_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z} = \frac{\Phi_p + r \cdot \Phi_r}{\Phi_z} \quad (7-4)$$

Vyjádří-li se v rovnici (7-4) část toku Φ_r dopadlá na reflektor vztahem $\Phi_r = \xi \cdot \Phi_z$, je pak tok Φ_p přímo vycházející ze svítidla roven $\Phi_p = (1 - \xi) \Phi_z$ a pro účinnost svítidla je možno z rovnice (7-4) odvodit vztah

$$h_{sv} = \frac{(1-x)\Phi_z + r \cdot \xi \Phi_z}{\Phi_z} = 1 - x + r \cdot \xi = 1 - x(1 - r) \quad (7-5)$$

např. pro $\rho = 0,7$ a $\xi = 0,6$ je $h_{sv} = 0,82$.

V případě, že je sledované svítidlo uzavřeno propustným krytem s činitelem prostupu τ , je při zanedbání části světelného toku, která se odráží od krytu zpět na reflektor, tok vycházející ze svítidla určen vztahem

$$\Phi_{sv} = \tau (\Phi_p + \rho \cdot \Phi_r) \quad (7-6)$$

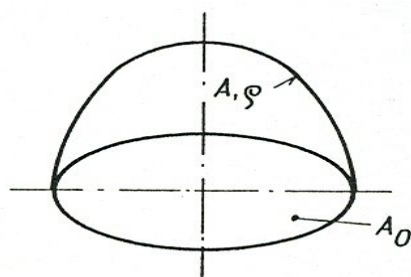
a účinnost lze stanovit z rovnice

$$h_{sv} = \tau [1 - \xi(1 - \rho)] \quad (7-7)$$

např. tedy pro $\tau = 0,8$; $\rho = 0,7$; $\xi = 0,6$ je $h_{sv} = 0,66$.

b) Výpočet účinnosti souměrného otevřeného svítidla s difúzně odražejícím vnitřním povrchem.

Svítidlo tedy představuje dutou plochu (plocha difuzoru A s konstantním činitelem odrazu ρ) s kruhovým otvorem A_0 podle náčrtu na obr.7-5.



Obr.7 - 5

Z toku Φ_z světelného zdroje vychází otvorem A_0 přímo ze svítidla část $\Phi_p = \Phi_z (1 - \xi)$ a na difuzor dopadá pak tok $\Phi_d = \xi \cdot \Phi_z$.

Při prvním odrazu od difuzoru se z toku Φ_d odrazí tok $\Phi_p = \rho \cdot \xi \cdot \Phi_z$, z něhož část

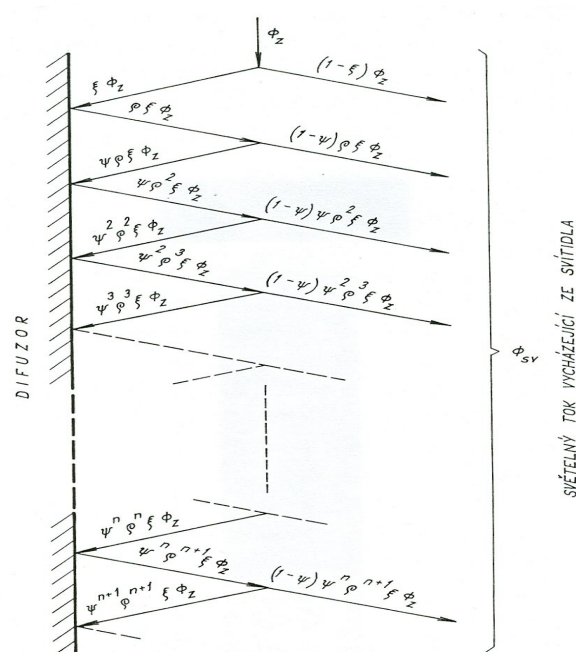
$$\Phi'_d = \psi \cdot \Phi_p = \psi \cdot \rho \cdot \xi \cdot \Phi_z$$

znovu dopadá na difuzor a část

$$\Phi''_d = (1 - \psi) \Phi_p = (1 - \psi) \rho \cdot \xi \cdot \Phi_z$$

vychází ze svítidla do prostoru.

Postup při dalších odrazech je analogický a objasňuje jej schematicky obr.7-6.



Obr. 7 - 6

Z obr.7-6 je zřejmé, že světelný tok Φ_{sv} vycházející ze svítidla se skládá z přímé složky

$$\Phi_p = (1 - x) \cdot \Phi_z$$

a ze složek odražených, jejichž velikosti tvoří geometrickou řadu s kvocientem $\psi \cdot \rho$ a jejíž součet se stanoví z rovnice

$$(1 - \psi) \rho \cdot \xi \cdot \Phi_z [1 + \psi \rho + \psi^2 \rho^2 + \psi^3 \rho^3 + \dots] = \frac{(1 - y) \cdot r \cdot x \cdot \Phi_z}{1 - y r} \quad (7-8)$$

Celkový tok Φ_{sv} vycházející otvorem A_0 z uvažovaného svítidla je tedy roven

$$\Phi_{sv} = (1 - x) \Phi_z + \frac{(1 - y) \cdot r \cdot x}{1 - y r} \Phi_z \quad (7-9)$$

Hledaná účinnost h_{sv} se pak stanoví z výrazu

$$h_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z} = 1 - x + \frac{(1 - y) \cdot r \cdot x}{1 - y r} \quad (7-10)$$

Označí-li se písmenem L jas difúzně odrážejícího povrchu duté plochy A (difuzoru svítidla) po proběhnutí dostatečně velkého počtu odrazů, je světlení M této plochy $M = \pi \cdot L$ a tok vycházející po zmíněných odrazech z plochy A je pak roven $M \cdot A = \pi \cdot L \cdot A$.

Z tohoto toku dopadá na plochu A_0 otvoru pouze část o velikosti $(1 - y) \pi \cdot L \cdot A$, která je ovšem v daném případě rovna toku vycházejícímu otvorem A_0 při stejném jasu L , tj. toku o velikosti $\pi \cdot L \cdot A_0$. Platí tedy rovnice

$$(1 - y) \cdot \pi \cdot L \cdot A = \pi \cdot L \cdot A_0 \quad (7 - 11)$$

z níž vyplývá, že

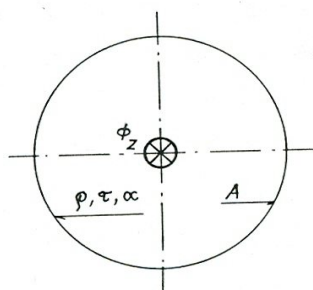
$$1 - y = \frac{A_0}{A} \quad (7 - 12)$$

Vztah (7-10) pro účinnost h_{sv} otevřeného svítidla s difuzorem lze konečně dosazením rovnice (7-12) upravit do tvaru

$$h_{sv} = 1 - x + \frac{r \cdot x \cdot \frac{A_0}{A}}{1 - \left(1 - \frac{A_0}{A}\right) \cdot r} \quad (7 - 13)$$

např. pro $\xi=0,6$; $\frac{A_0}{A} = 1 - y = 0,3$; a pro $\rho = 0,75$ vychází účinnost svítidla $h_{sv} = 0,805$.

c) Výpočet účinnosti souměrného uzavřeného svítidla, jehož světelný zdroj je zakryt stínidlem (např. ve tvaru koule podle obr.7-7) z materiálu zajišťujícího rovnoměrně rozptylný prostup.



Obr. 7 - 7

Předpokládá se, že rovnoměrně rozptylný vnitřní povrch stínítka má činitel odrazu ρ , činitel prostupu τ a činitel pohlcení α . Tok Φ_z zdroje dopadající na vnitřní povrch stínítka se zčásti odrazí ($\rho \cdot \Phi_z$), zčásti je pohlcen ($\alpha \cdot \Phi_z$) a zčásti prochází do okolního prostoru ($\tau \cdot \Phi_z$). Odražená část toku $\rho \cdot \Phi_z$ dopadá znovu na stínítko na jiném místě a opět se dělí na tři části

$$\rho \cdot \Phi_z = \rho^2 \cdot \Phi_z + \alpha \cdot \rho \cdot \Phi_z + \tau \cdot \rho \cdot \Phi_z \quad (7 - 14)$$

Podobně by bylo možno děj vyšetřovat dále.

Po proběhnutí dostatečně velkého počtu odrazů lze pro světelný tok Φ_{sv} prošlý rozptylným stínítkem napsat vztah

$$\Phi_{sv} = \tau \cdot \Phi_z \cdot (1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \dots) = \frac{t}{1 - r} \Phi_z \quad (7 - 15)$$

Účinnost takového svítidla se pak stanoví z výrazu

$$h_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z} = \frac{t}{1 - r} \quad (7 - 16)$$

např. pro $\tau = 0,6$ a $\rho = 0,3$ je $h_{sv} = 85 \%$.

Ve skutečnosti jsou účinnosti svítidel ještě nižší než teoretické hodnoty získané pro svítidla s bodovým zdrojem světla výpočtem, neboť část světelného toku zdrojů pohltí jak světelně činné plochy, tak ještě i další vnitřní konstrukční části svítidel.