

Osvetlenie priemyselných hál

Alfonz Smola

1. Požiadavky na osvetlenie

Základné údaje a všeobecné požiadavky na osvetlenie pracovných priestorov sú uvedené v norme EN 12464-1. Je potrebné uvedomiť si, že táto norma nahrádza našu starú kmeňovú normu STN 36 0450, ako aj odvodenú normu STN 36 0451 pre osvetlenie priemyselných priestorov. Platnosť novej európskej normy v Slovenskej republike začína približne v čase písania tohto príspevku (február 2003). Nová norma prináša mnoho nových prístupov a riešení aj v súvislosti s osvetlením priemyselných hál.

Pri návrhu osvetľovacej sústavy konkrétnej priemyselnej haly musíme brať do úvahy súbor kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov osvetlenia, z ktorých najdôležitejšie sú:

- osvetlenie,
- rozdelenie jasů,
- oslnenie,
- smerovanie svetla,
- tienivosť,
- farba svetla,
- farebné podanie,
- bezpečnosť,
- hospodárnosť a údržba osvetľovacej sústavy,
- súlad, pohoda a estetika osvetľovacej sústavy a interiéru.

2. Hospodárnosť osvetľovacej sústavy

Pri splnení všetkých kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov osvetlenia musíme pri návrhu osvetľovacej sústavy vychádzať zo zásad maximálnej hospodárnosti. Šetriť elektrickú energiu môžeme predovšetkým:

- výberom svetelných zdrojov s vysokým merným výkonom,
- výberom svietidiel s vysokou účinnosťou,
- návrhom osvetľovacích sústav s vysokou účinnosťou,
- racionálnou prevádzkou osvetľovacích sústav.

3. Spotreba elektrickej energie

Spotreba elektrickej energie v príslušnom interiéru značne závisí od činnosti, ktorá sa v danom priestore vykonáva. Podiel spotreby elektrickej energie na osvetľovanie v priemysle predstavuje v SR asi 10 %. Táto hodnota veľmi výrazne kolíše v závislosti od druhu vykonávanej činnosti. Výber vhodných svetelných zdrojov je najjednoduchšou a zároveň najefektívnejšou metódou racionalizácie spotreby elektrickej energie.

4. Požiadavky na osvetlenie pracovísk

Osvetlenie pracovísk kladie na svetelnotechnické riešenie najmä tieto požiadavky:

- dostatočné hodnoty horizontálnej a vertikálnej osvetlenosti pre konkrétny druh vykonávanej práce,
- vhodné rozloženie jasů v priestore,
- potlačenie vzniku oslnenia a ochrana proti nemu,
- uspokojivé psychologické pôsobenie farby svetla a farebného podania,
- vhodná farebná úprava prostredia,
- stálosť osvetlenia,
- účelná rovnomernosť,
- vhodná orientácia dopadu svetla na pracovnú plochu.

Podľa EN 12464 sa vyberá z nasledovného radu predpísaných hodnôt osvetlenosti: 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 100, 1 500, 2 000, 3 000, 5 000 lx.

Predpísané hodnoty priemernej horizontálnej, prípadne vertikálnej osvetlenosti E_m pre konkrétny druh vykonávanej práce možno nájsť v tab. 5.1 normy EN 12464. V tejto tabuľke nájdeme tiež hodnoty oslnenia vyjadrené prostredníctvom činiteľa UGR a minimálny index farebného podania svetelných zdrojov Ra. Niektoré hodnoty z normy sú uvedené v tab. 1, ktorá obsahuje iba veľmi stručný výber z viac než 200 priestorov uvedených v predmetnej európskej norme. Z údajov uvedených v tejto tabuľke sa dá poukázať na nasledovné skutočnosti:

1. Členenie priestorov podľa EN 12464 je iné a podrobnejšie než členenie priestorov, ktoré uvádzala norma STN 36 0451.
2. Predpísané hodnoty osvetlenosti podľa normy EN 12464 sú obvyčajne vyššie než hodnoty, ktoré uvádzala norma STN 36 0451.
3. Hodnoty oslnenia sú v novej európskej norme definované pomocou činiteľa UGR a je zrejmé, že na hodnotenie oslnenia už nemôžeme použiť STN 36 0008 „Oslnenie jeho hodnotenie a zábrana“, ale musíme vychádzať z hodnôt UGR, definovaných pomocou „Odporúčania CIE 117“, kde je tento činiteľ podrobnejšie definovaný.
4. Neobvyčajne vysoko sú v novej európskej norme definované hodnoty indexu farebného podania. Vo väčšine priestorov je požiadavka na Ra minimálne 80. Toto výrazne skvalitní samotný návrh osvetľovacej sústavy, pretože v týchto priestoroch sa napríklad nebudú môcť používať žiarivky s klasickým luminoforom. Práve prostredníctvom tohto predpisu sa dočkáme toho, že v nových realizáciách nielen priemyselných hál, ale aj škôl, kancelárií a pod. sa budú používať iba kvalitné žiarivky s trojčlánkovým luminoforom.

Rovnomernosť osvetlenia v závislosti od typu osvetľovacej sústavy

Ak nie je uvedené inak, rovnomernosť osvetlenia na porovnávacej rovine sa určuje v mieste úlohy ako pomer najmenšej a miestnej priemernej osvetlenosti ($r = E_{\min} : E_p$). Rovnomernosť osvetlenia musí vyhovovať nasledujúcim požiadavkám:

priestor	E_m (lx)	UGR	Ra
dopravné zóny			
schody	150	28	40
nakladacie rampy	150	28	40
sanitárne priestory			
kantína	200	22	80
sprchy, toalety, umývárne	200	25	80
cementárne			
príprava materiálu, miešanie	200	28	40
výroba cementu	300	25	80
elektrotechnický priemysel			
výroba káblov	300	25	80
galvanizovania	300	25	80
výroba elektroniky, testovanie	1500	16	80
chemický priemysel			
výroba pneumatík	500	22	80
meranie, laboratória	500	16	80
kontrola farieb	1000	16	90
kaderníctvo	500	19	90
výroba šperkov	1500	16	90
elektrárne			
strojovňa	200	25	80
dozorňa	500	16	80
farebná tlač	1500	16	90

Tab.1 Predpísané parametre osvetlenia vybraných priemyselných priestorov

Pri celkovom osvetlení sa priemerná hodnota osvetlenosti stanoví v celom pôdoryse miestnosti a najmenšia hodnota sa stanovuje v mieste, kde sa nachádzajú najmenej osvetlené predmety hlavnej zrakovej činnosti. Hodnoty rovnomernosti musia byť:

- a) pre trvalý pobyt – najmenej $r = 0,65$ (1:1,5),
- b) pre krátkodobý pobyt – najmenej $r = 0,4$ (1:2,5),
- c) pre občasný pobyt – najmenej $r = 0,1$ (1:10).

Pri odstupňovanom osvetlení platí rovnomernosť podľa už uvedených hodnôt v jednotlivých častiach miestnosti. Zároveň pomer priemerných osvetlení susedných častí miestnosti musí byť najmenej $r = 0,2$ (1:5) s postupným prechodom na ich rozpätie.

Pri kombinovanom osvetlení platí, že:

- a) rovnomernosť celkového osvetlenia musí vyhovovať vyššie uvedeným požiadavkám,
- b) rovnomernosť kombinovaného osvetlenia v mieste úlohy musí dosiahnuť hodnoty $r = 0,65$ (1:1,5).

Pomer celkových osvetleností pri celkovom alebo odstupňovanom osvetlení medzi susednými prepojenými miestnosťami nesmie byť horší ako 0,2 (1:5).

Stálosť osvetlenia

Rýchle časové zmeny sú spôsobované elektrickými alebo mechanickými príčinami. Na ich obmedzenie používame rôzne prostriedky, ktoré zabránia vzniku stroboskopického javu alebo mechanickému kývaniu svietidiel.

Oslnenie

Norma EN 12464 hodnotí odlišne aj požiadavky na svetelné zdroje a svietidlá v priestoroch s obrazovkami. Hodnota 200 cdm^{-2} pre hraničnú hodnotu jas v dohovorených uhloch clonenia už nebude všeobecne platným pravidlom. Podľa novej normy priemerný jas svietidiel v uhloch 65° a viac od vertikálnej osi môže dosahovať hodnoty uvedené v tab. 3. Tieto hodnoty závisia od kvality obrazovky monitorov nachádzajúcich sa v danom priestore.

Oslnenie odrazom v mieste úlohy musíme obmedziť na najmenšiu možnú mieru. Dosiahneme to:

- takým rozmiestnením svietidiel, aby svetlo odrazené od pozorovaných predmetov nesmerovalo do oka pozorovateľa pri obvyklom smere jeho pohľadu,
- použitím svietidiel s malým jasom,
- použitím rozptylných povrchových úprav všetkých pozorovaných predmetov pri obvyklom smere pohľadu,
- použitím svietidiel s vhodným rozložením svetelného toku.

Rozloženie jasu

Pre zrakový výkon, zrakovú pohodu a zabránenie únavy sú rozhodujúce jas a ich rozloženie v zornom poli, ktoré sa zistí správnou voľbou rozloženia osvetlenosti a odraznosti povrchov (porov. tab. 4).

Smerovosť a tienivosť

Na dosiahnutie požadovaného zrakového výkonu a pohody sa musí vytvoriť v mieste úlohy čo najväčší kontrast medzi kritickým detailom a jeho bezprostredným okolím a v celej miestnosti správne vnímanie trojrozmerných predmetov. Toto dosiahneme aj vhod-

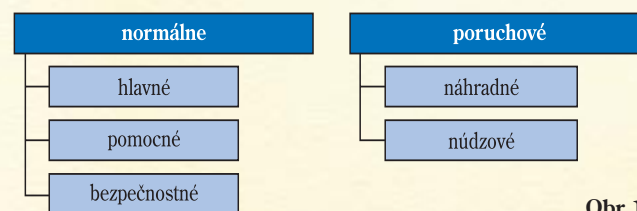
nou smerovosťou svetla. Svetlo ma dopadať na miesto úlohy prevažne zľava a zhora, ak je to možné, tak cez ľavé rameno pozorovateľa. Hodnotenie sa vykonáva pomocou priestorových charakteristik osvetlenia.

Chromatickosť svetla

Chromatickosť svetla a kolorita povrchov sú na vytvorenie vhodného zrakového výkonu rovnako dôležitými podmienkami. Z hľadiska zrakové pohody musí byť teplota chromatickosti svetla v súlade s osvetlenosťou v danom priestore. Z hľadiska zrakové pohody majú byť v jednom priestore používané zdroje rovnakej farby svetla.

5. Osvetľovacie systémy v priemyselných halách

Osvetlenie priemyselných hál sa dá rozdeliť podľa obr. 1. Na riešenie osvetlenia má značný vplyv typ stavby, predovšetkým jej výška. Aj tu však v súvislosti s novými svetelnými zdrojmi možno pozorovať zmeny typu osvetľovacích sústav pre konkrétne priestory.



Obr.1

Príklady osvetlenia priemyselných prevádzok v závislosti od výšky pripevnenia svetelných zdrojov.

Montážna výška svietidiel 2,5 – 3,0 m

Moderný ľahký priemysel v súčasnosti umiestňuje vo viacposchodových budovách, ktoré sa architektonicky veľmi podobajú na bežné kancelárske bloky. Preto aj v takýchto budovách používame podobné osvetlenie ako v kanceláriách. Používame žiarivkové svietidlá, pretože sa nimi dá dosiahnuť veľmi dobrý kompromis medzi kvalitou a účinnosťou osvetlenia. Ak vopred nepoznáme aké bude rozmiestnenie pracovných miest, potom žiarivkové svietidlá môžeme usporiadať rovnomerne tak, aby tvorili paralelné rady alebo ich usporiadame v priestore podľa inej konfigurácie tak, aby zabezpečili požadovanú hladinu osvetlenia všade v interiéri.

Montážna výška svietidiel 3,0 – 4,0 m

Svietidlá sú obvyčajne usporiadané v priebežných alebo v lomených radoch paralelne s oknami. V takých výrobných halách, kde sa často premiestňujú a menia pracovné miesta odporúčame používať lištové systémy, ktoré dovoľujú premiestňovať svietidlá, meniť tak konfiguráciu osvetľovacej sústavy a orientovať ju v závislosti od pracovných miest.

Montážna výška svietidiel 4,0 – 7,0 m

Jednoschodové priemyselné budovy obvyčajne majú plochú alebo pílovitú strechu, kde sa nachádzajú svetlíky, odkiaľ vniká do priestoru denné svetlo. Toto doplníme vhodným umelým osvetlením. Umelé osvetlenie sa najčastejšie realizuje pomocou žiarivkových svietidiel, ktoré sú usporiadané v radoch, paralelne s oknami.

Takto vysokú halu môžeme osvetliť aj pomocou rotačne symetrických svietidiel osadených halogenidovou či sodíkovou výbojkou. Takéto riešenie vedie k úsporám pri montáži a údržbe. Pri takom-

kvalitatívna trieda monitora podľa ISO 9241-7	I	II	III
kvalita monitora	dobrá	stredná	nízka
stredný jas svietidiel	menej ako	menej ako	menej ako
zobrazujúcich sa na obrazovke	1000 cdm^{-2}	1000 cdm^{-2}	200 cdm^{-2}

Tab.3 Dovoľený priemerný jas svietidiel

plocha miestnosti	činiteľ odrazu povrchov (nových)
pracovná plocha	0,2 – 0,6
strop	0,6 – 0,9
steny	0,3 – 0,8
podlaha	0,1 – 0,5

Tab.4 Odporúčaná odraznosť povrchov

montážna výška (m)	typ priemyselnej budovy
2,5 – 3	moderná viacposchodová hala – kancelársky typ miestností
3 – 4	jednoschodová alebo viacposchodová hala
4 – 7	vysoká jednoschodová hala
7	veľmi vysoká továrnska hala

Tab.5 Typy priemyselných bodov v závislosti od montážnej výšky svietidiel

to usporiadaní je však zložitejšie dosiahnuť predpísanú rovnomernosť osvetlenia a môžu vzniknúť rušivé tieňe.

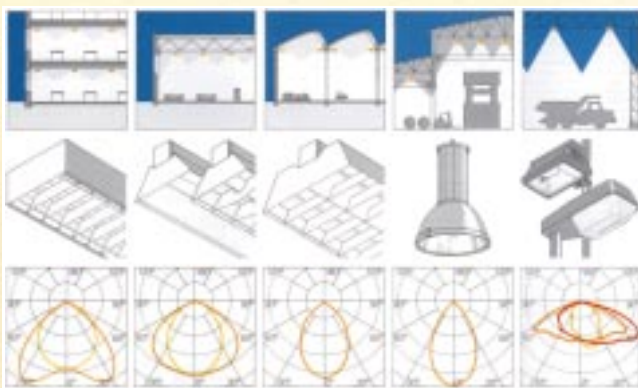
Montážna výška svetidiel > 7,0 m

Pri veľmi vysokých výrobných halách môžu byť svetelné zdroje montované veľmi vysoko pri strope haly. V takýchto prípadoch sa najčastejšie používajú vysokotlakové halogenidové alebo sodíkové výbojky v rotačne symetrických reflektoroch. Žiarivkové svetidlá (so žiarivkami s priemerom 26 mm) nemajú takú krivku svetivosti, aby vytvorili dostatočnú horizontálnu osvetlenosť pri veľmi veľkých závesných výškach svetidiel. Aj ekonomické hodnotenie klasických žiarivkových osvetľovacích sústav vychádza nevýhodne v porovnaní so sústavami používajúcimi rotačne symetrické svetidlá. Moderné žiarivky s priemerom 16 mm však dovoľujú konštruovať také svetidlá, ktoré môžeme úspešne využiť aj vo vysokých halách (do 10 m). Týmto spôsobom moderný svetelný zdroj zmenil celú filozofiu používanú doposiaľ pri návrhu osvetľovacích sústav vo výrobných halách.

Príklady použitia jednotlivých svetidiel od najnižších po najvyššie priestory uvádza obr. 2.

Odstupňované osvetlenie

Odstupňované osvetlenie v priemysle používame v takých prípadoch, keď sú pracovné miesta fixné. Použitím odstupňované osvetlenia sa nám znížia náklady na elektrickú energiu, pretože nemusíme zbytočne osvetľovať celú výrobnú halu.



Obr.2 Pre rôzne haly sú vhodné rôzne typy svetidiel s rôznymi krivkami svetivosti



Obr.3 Osvetlenie výrobnéj haly žiarivkovými svetidlami



Obr.4 Osvetlenie haly a skladu žiarivkovými svetidlami



Obr.5 Osvetlenie vysokej haly rotačne symetrickými svetidlami

Miestne osvetlenie

Existujú špeciálne typy úloh, pri ktorých nevystačíme s celkovým osvetlením, pretože vykonávaná práca je svetelnotechnicky veľmi náročná. V takých prípadoch musíme zabezpečiť aj miestne osvetlenie. Úlohou miestneho osvetlenia je zvýšiť osvetlenie na pracovnej ploche. Miestne osvetlenie však nenahrádza celkové osvetlenie, len ho dopĺňa.

Literatúra

- [1] EN 12464 – Light and Lighting. Lighting of indoor work places.
- [2] GUTES LICHT. Heft 5. Licht zum Arbeiten.
- [3] SMOLA, A., BLUBLA, J.: Racionalizácia spotreby elektrickej energie využitím žiarivkového programu TL5. In: Konferencie osvetľovacej techniky XIV. Ostrava: 1997, s. 98 – 103.
- [4] KRASŇAN, F., SMOLA, A.: Odvođené UGR metódy hodnotenia oslnenia. In: Osvetľovacia technika, č. 3 (2000), s. 9 – 12 (50 %).
- [5] KRASŇAN, F.: Kompatibilita metód pre hodnotenie oslnenia. In: Světlo, roč. 5, č. 2 (2002), s. 47 – 49.

doc. Ing. Alfonz Smola, PhD.

Katedra elektroenergetiky
FEI STU v Bratislave
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
Tel.: 02/60 29 17 74
Fax: 02/65 42 58 26
e-mail: smola@elf.stuba.sk
<http://www.elf.stuba.sk/~smola>