

Jiří M a r e k, VÚHU

Světelnětechnické podmínky v provozech SHR

Úvod

Zrakové vnímání jako prostředek spojení člověka s jeho okolím, pracovištěm, strojem, nástrojem, předmětem práce, komunikací atp. značně převyšuje nad ostatním smyslovým vnímáním - až 80 % vnímání se děje zrakem. Světlo, které toto naše vnímání podmiňuje, má kromě toho velký vliv i na průběh vegetativních funkcí organismu. Především má regulační a aktivační účinek na systém endokrinních žláz, na štítnou žlázu, sekreci nadledvinek a částečně i na aktivitu pohlavních žláz. Periodická změna přírodního osvětlení, dne a noci, má značný vliv na denní rytmus rozličných funkcí, které se projevují ve změnách frekvence pulzu, tělesné teploty, odpařování a zejména ve změně buňčného organického a anorganického složení krve. Žádoucí jsou dlouhoperiodické změny osvětlení jak v intenzitě, tak v kvalitě, např. v chromatičnosti. Odpovídají situaci v přírodě, které je člověk fylogeneticky přizpůsobený a jsou důležitým prostředkem v zábraně únavy z monotónosti. Krátkoperiodické změny, např. kmitání světla frekvencí 50 a 100 Hz při nekompenzovaných výbojových zdrojích napájených střídavým napětím z normální sítě se projevuje jako nepříznivý psychofyzilogický činitel. Kromě toho, že jsou příčinou vzniku stroboskopického jevu, který může být v pracovním prostředí nebezpečný, ovlivňují mozkovou činnost, což se projevuje evokovanými potenciály v EEG záznamu, konkrétně se odrážejícími v alfa-rytmu. Podle citlivosti pracovníků mohou tyto účinky vést k neurotickým anomáliím různého stupně.

Osvětlení přímým ovlivňováním základních zrakových funkcí a nepřímým účinkem na aktivaci centrální nervové

soustavy do značné míry ovlivňuje množství vykonané práce a její kvalitu. Nevyhovující osvětlení zvyšuje pracovní obtíže, zvyšuje nebezpečí úrazu, působí nepříznivě psychicky - zejména u neurotiků - snižuje pozornost a způsobuje oční těžkosti. Celková produktivita práce je tedy spojena s produktivitou zrakové práce a problém vlivu osvětlení na zrakovou produktivitu je spojen s ekonomickým aspektem produkce, tzn. působí na lepší využití pracovní doby, snížení počtu chyb, zvýšení bezpečnosti práce a dosažení psychické pohody. Tím nabývá na významu snaha o zajištění optimálních světelných poměrů v souvislosti s ostatními podmínkami pracovního a životního prostředí.

Osvětlení denním světlem

Množství přímého slunečního světla je ovlivněno v průběhu roku především oblačností. Z celkové doby, kdy je u nás slunce nad obzorem, tj. 4 170 hodin za rok, připadá na přímý sluneční svit podle dlouhodobých měření v oblasti pod Krušnými horami nejmenší množství z celého území ČSSR, přibližně 1 500 hodin ročně, zatímco např. v Beskydech 1 800 hodin, v jižních částech SSR 2 200 hodin, v Dubrovniku (ale i v Grónsku) 2 400 hodin a v Yumě v Arizoně dokonce 3 900 hodin ročně. Odečteme-li od "našich" 1 500 hodin útlum slunečního svitu zaviněný exhalacemi a častým výskytem mlh v celé oblasti SHR, dojdeme k závěru, že právě tam, kde bychom to nejvíce potřebovali, na našich uhelných velkolomech, je k nám slunce jaksi málo štědré. A poněvadž známe biologickou závislost životních funkcí člověka na množství světla, musíme tento nedostatek kompenzovat světlem umělým, což se v souhrnu nutně projeví ve zvýšené spotřebě elektrické energie pro účely osvětlování v porovnání s jinými oblastmi ČSSR. Markantní jsou tyto rozdíly v osvětlenosti různých oblastí právě v podzimních měsících - dlouhodobý průměr slunečního svitu v listopadu činí 20 h - které jsou zpravidla pro požadavky průmyslu, energetiky a domácností na zásobení palivem nejnáročnější.

Hygienické předpisy a státní normy určují nejnižší intenzitu venkovního denního světla pro osvětlení vnitřních prostorů (dílny, kanceláře apod.) hodnotou 5 000 luxů za předpokladu dodržení předepsaného činitele denní osvětlenosti, tj. poměru osvětlenosti na pracovním místě a venkovní osvětlenosti na srovnávací rovině a to podle zrakové náročnosti pracovního úkonu a kategorie prostoru. U venkovních pracovišť provozů SHR je hodnocení denní osvětlenosti dosti problematické a optimální řešení tohoto osvětlení ztíženo vlivy, o nichž byla již řeč.

Jaký má vliv výskyt mlhy na osvětlenost pracovišť a tedy na hygienu a bezpečnost práce, vyplývá z následující tabulky:

Hodnoty snížení intenzity osvětlení mlhou (%)

Vzdálenost od světeln. zdroje	50 m	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m	350 m	400 m
Slabá mlha	95	92	86	84	80	75	70	66
Mírná mlha	63	53	36	26	20	14	10	7
Hustá mlha	52	25	12	6	4	3	3	3

Atmosférická vodorovná dohlednost v mlze

Při mlze	Vodorovná dohled. v (m)
Slabé	500 až 1000
Mírné	200 až 500
Husté	50 až 200

Poznámka: Vodorovná dohlednost je vzdálenost, do které skutečná atmosférická průzračnost dovoluje rozpoznat proti obloze velký tmavý předmět (objekt) při obzoru.

Tak např. při běžné délce výložníku zakladače dochází již při mírné mlze k tak ztížené viditelnosti, že je nutno zakládání řídit pomocí dalšího pracovníka na konci výložníku, který dává pokyny řidiči zakladače. Přídavné osvětlení je spíše na závalu - vytváří mléčnou stěnu podobně jako při jízdě automobilem v mlze s dálkovými světly. V noci je pak tento problém ještě obtížnější, je ztížena jak kontrola funkce velkostroje, tak i pohyby obsluhy po ochozech. Vliv mlhy na bezpečnost a produktivitu práce tak přímo určuje výkonnost celého mechanismu.

Na snížení viditelnosti za mlhy se na pracovištích v SHR podílejí ještě další vlivy - značná prašnost a s tím spojená barevná monotónnost, při nízkém koef. odrazu prostředí a těžného materiálu:

uhlí	0,017 až 0,029
směs uhlí - světlý jíl	0,04
světlý jíl, hladká plocha	0,105
světlý jíl, rozrušená plocha	0,062
tmavý jíl, rozrušená plocha	0,03 až 0,05
sypaná zemina s pískem	0,02 až 0,07
kovová podlaha ochozů na velkostrojích ..	0,02 až 0,06
kovová podlaha v dílnách a strojovnách ..	0,02 až 0,08

Barevně natřená konstrukce nových velkostrojů ztrácí znečištěním zpravidla po krátkém čase svoji funkci. Tento nedostatek se pak projeví zvláště v podmínkách umělého osvětlení. Zde by se uplatnilo použití reflexních značek, účelně rozmístěných na konstrukci podél vnitřních i vnějších komunikací. Jejich častější obměňování by bylo ještě ekonomicky únosné, uvážíme-li zvýšení bezpečnosti obsluhy velkostroje.

Prašnost na pracovištích SHR má ještě další nepříznivý dopad - neúměrné znečišťování osvětlovacích otvorů kabin obsluh, elektrodílen, zámečnických dílen, strojoven, rozveden a dalších pracovišť, které jsou vybaveny okny.

Zjištěný koeficient znečištění 0,61 až 0,96 je zdánlivě příznivý (přípustný nejnižší $t_z = 0,55$), ale protože měřená okna jsou většinou dvojitá a jejich konstrukce při nedostatečné těsnosti obtížně demontovatelná, není v tomto koeficientu zahrnuto znečištění vnitřních ploch. Přitom jsou u nás vyvinuty spolehlivé nerozebíratelné systémy zdvojených skel, které by bylo možno využít i při řešení konstrukcí kabin a ostatních provozů s osvětlovacími otvory. Dost často se setkáváme na velkostrojích se skly rozbitými, někdy i nahrazenými plexiskly. Tato náhrada je nanejvýše nevhodná, již pro nemožnost čištění v daném prostředí, kdy poškození povrchu má za následek téměř neprůhlednost takového "okna".

Za pozornost ještě stojí horní šikmá okna některých kabin řidiče rýpadla (RK 400), kde je obsluha za přímého slunečního svitu vystavena oslnění, což se zpravidla řeší záměrným nečištěním těchto oken. Zde by bylo vhodnější použití zbarvených termálních skel, jistě i toto je v možnostech výrobce. Činitel denní osvětlenosti by byl jen nevýznamně ovlivněn a zcela postačující pro osvětlení ovládacích prvků a kontrolních přístrojů, protože těžiště zrakové práce v případě řidiče rýpadla, zakladače nebo obsluhy spojovacího mostu je stejně ve sledování činnosti mechanismů v prostoru mimo kabinu.

Umělé osvětlení

Umělé osvětlení může plynule stupňovat osvětlenost až do velmi vysokých hodnot podle zrakových nároků. Jako kvantitativní faktor osvětlení se používá v požadavkových normách, ve výpočtech a projektech při hodnocení umělého osvětlení hodnota osvětlenosti, vyjádřená v luxech (lx). Produktivita a kvalita práce se hodnotitelně zvyšuje při stupňování intenzity osvětlení asi do 150 lx. Další zvyšování osvětlení má význam spíše psychologický a zejména při

trvalém umělém osvětlení snižuje únavu. Zvyšování intenzity osvětlení nad 500 lx je již nerentabilní, neboť dosažené výsledky nejsou úměrné investičním a provozním nákladům.

Použité osvětlovací systémy hodnotíme z těchto hledisek:

- a) Energetická hospodárnost světelných zdrojů. Je dána především měrným výkonem lm/W a životností světelného zdroje v příslušném režimu (kolísání napětí, četnost spínání, vibrace, teplota prostředí, vlhkost). Zde je nutno velmi pečlivě vážit, např. vyšší měrný výkon výbojových zdrojů světla není ještě sám zárukou lepší hospodárnosti, hlavně při osvětlování přístupových cest (komunikací), kde požadavek na osvětlení je poměrně nízký.
- b) Hospodárnost svítidel včetně instalace (pořizovací náklady na světelné zdroje a osvětlovací tělesa, životnost v daném prostředí, náročnost údržby, zvláště u venkovního osvětlení).
- c) Bezpečnost - svítidla a elektrická instalace musí vyhovovat svému účelu a předpisům ESČ pro daný prostor a prostředí.
- c) Celkový vzhled - osvětlovací zařízení musí konstrukčním provedením a umístěním být v souladu s prostředím.

Vraťme se k nejdůležitějšímu hledisku, energetické hospodárnosti. V následující tabulce je uveden měrný výkon běžně používaných světelných zdrojů:

Zdroj světla	Měrný výkon lm/W
plynen plněné žárovky	8 - 19
obloukové lampy	24
rtuťové výbojky s luminoforem vysokotlaké	40 - 60
rtuťové výbojky halogenidové vysokotlaké	75 - 95
zářivky	40 - 60

xenonové výbojky	30
sodíkové výbojky nízkotlaké	100 - 150
sodíkové výbojky vysokotlaké	100
elektroluminiscenční zdroje	15

Světelný tok zdroje, vyjádřený v lm, je udáván pro standardní napětí světelné sítě. V podmínkách provozu velkolomů SHR dochází přirozeně ke značným změnám napětí v síti. Jak závisí změna světelného toku na změně napětí udává další tabulka:

Zdroj světla	Změna napětí	Změna světelného toku
žárovka	$\pm 1 \%$	$\pm 3,6 \%$
zářivka	$\pm 1 \%$	$\pm 1,7 \%$
rtuťová a fluorescenční výbojka	$\pm 1 \%$	$\pm 3,0 \%$
sodíková výbojka	$\pm 1 \%$	$\pm 0,4 \%$

Jak již bylo řečeno, vyšší měrný výkon není ještě sám o sobě zárukou lepší hospodárnosti, oblast použití je dána řadou dalších hledisek, jejichž význam je proměnný v závislosti na požadavcích v podmínkách konkrétního provozu. Pro názornost je uveden přehled nejdůležitějších hledisek, rozhodujících pro volbu dvou základních typů světelných zdrojů - žárovky a výbojky. Zjednodušeně jsou uvedeny klady a zápory v jednotlivých kritériích:

Hledisko	Žárovka	Výbojka
Měrný výkon	-	+
Změna svět. toku v závislosti na změně napětí	-	+
Spektrální složení (spojité +, čárové -)	+	-
Životnost (žárovka 1000 h., výbojka 7000 h.)	-	+
Jas zdroje (bodový, povrchový)	-	+

Potřeba předřadníku	+	-
Montážně výhodný tvar	+	-
Readaptační doba po oslnění	-	+
Možnost vzniku stroboskopického efektu	+	-
Závislost na teplotě při zapínání	+	-
Pořizovací náklady	+	-

Kromě těchto hledisek, které jsou převážně hledisky energetické hospodárnosti, jsou pro posuzování umělého osvětlení pro účely hodnocení podle státních norem a hygienických předpisů rozhodující světelnotechnická hlediska osvětlovacích soustav:

intenzita osvětlení
kontrast jasů
rovnoměrnost osvětlení
stálost osvětlení
chromatičnost
oslnění.

Hodnoty těchto veličin a činitelů jsou dány především požadavkem na zrakovou práci, ta je definována:

třídou činnosti podle velikosti kritického detailu (poměrné vzdálenosti);

kategorií prostoru.

Dále určují státní normy požadavek tzv. hygienického minima, bezpečnostního minima, případně zvyšují předepsané hodnoty na 1,5 až 2násobek v případech, kdy jde o bezokenní provoz, vyšší věk většiny pracovníků než 40 let, při práci s tmavými brýlemi, omezené době pozorování, v prostředí velmi prašném nebo s mimořádným výskytem kouře a páry a při zvýšeném nebezpečí úrazu.

Státní normy určují hodnoty intenzity osvětlení a dalších činitelů i pro zvláštní druhy osvětlení, jakým je

osvětlení odpočivných prostorů, vnitřních komunikací, osvětlení pomocné, bezpečnostní, náhradní a nouzové. Dále určují hodnoty doplňujícího umělého osvětlení v provozech s přechodným a trvalým osvětlováním.

Jak je vidět, nestačí k docílení optimální světelné pohody pouze zajištění dostatečné intenzity osvětlení a pro hodnocení jednotlivých pracovišť a prostorů změření této intenzity. Normy, týkající se koncentrace osvětlení se opírají o kritéria fyziologická i ekonomická. Předpokladem pro vytvoření a udržování optimální zrakové pohody, nezbytné pro zajištění ekonomiky práce a její bezpečnost, je znalost těchto kritérií a správné posouzení zrakové práce.

Závazným předpisem pro pracovníky projekce, investorských složek a hospodářských orgánů provozovatele jsou tedy státní normy, které v jednotlivých specifikách řeší problematiku denního i umělého osvětlení. Důsledné dodržování těchto předpisů by mělo být zárukou vytvoření a udržování pracovního prostředí s odpovídající zrakovou pohodou. Častěji se ovšem stává, že optimálně řešená osvětlovací technika, reprezentovaná moderními vysoce výkonnými světelnými zdroji, je po určité době provozu znehodnocena z tak banálních příčin, jako je nedodržení termínů pro čištění nebo výměnu světelných zdrojů, nesprávné rozmístění při rekonstrukcích provozů atd. U provozů závislých na denním osvětlení bývá pak příčinou snížení hodnot činitele denní osvětlenosti rovněž nedodržení termínů pro čištění osvětlovacích otvorů, jejichž respektování má v prostředí s vysokými hodnotami spadu a exhalací mimořádný význam.

Závěr

S problémem zabezpečení přírůstku těžby paliv souvisí bezprostředně otázka racionalizace spotřeby paliv a energie, ovlivňující výsledky národního hospodářství. Energe-

tická náročnost našeho průmyslu je vyšší než ve většině socialistických států a zhruba dvojnásobná oproti vybraným zemím kapitalistického světa. A stejný nepříznivý stav trvá i u výrobců primárních zdrojů energie. Podílí se na něm i vlastní spotřeba - na osvětlení vynakládáme asi 12 % z celkové roční spotřeby energie a u některých průmyslových podniků činí spotřeba elektřiny na osvětlení dokonce 50 % z jejich celkového odběru. Přesto je nutno i nadále uplatňovat vysokou náročnost při vytváření pracovního prostředí zajištěním optimálního osvětlení na všech pracovištích technologických celků, které jsou rozhodující pro výrobní proces. Zdánlivě protichůdné požadavky - snížení energetické náročnosti a zlepšení světelných poměrů - sledují v principu stejný cíl: optimalizací světelných poměrů v souvislosti s ostatními podmínkami pracovního a životního prostředí dosáhnout zvýšení produktivity zrakové práce a tím zvýšení bezpečnosti práce a její celkové produktivity.

K dosažení tohoto náročného cíle by měl přispět i výzkum předpokladů optimálního osvětlení prováděný v rámci dílčího úkolu "Výzkum předpokladů k zajištění bezpečnostních a hygienických požadavků na technologická zařízení", který je součástí resortního úkolu "Výzkum eliminace vlivů povrchové těžby na životní a pracovní prostředí", řešeného útvarem ŽPP VÚHU. Jeho hlavním posláním v oblasti světelnětechnických podmínek je především sjednocení hledisek hodnocení, objektivní posouzení osvětlenosti jednotlivých pracovišť technologických celků pomocí fotometrických měření, zjištění případných nedostatků porovnáním s požadavky státních norem a hygienických předpisů a konečně vypracování návrhů na opatření k odstranění těchto nedostatků. Za tím účelem byla provedena v letech 1978-79 podrobná fotometrická měření jednotlivých pracovišť, reprezentantů typické a perspektivní technologie:

Rýpadlo KU 800/7
 Rýpadlo KU 800/6
 Poháněcí stanice č. 255
 Zakladač ZP 5500/5
 Rýpadlo RK 400/9
 Rýpadlo Poclairn 1000 CK/150
 Rýpadlo E 7/151

Byla provedena měření pracovních míst obsluh, vnitřních komunikací, dílenských provozů, strojoven, rozvoden, plošin, ochozů, venkovních přestorů a venkovních komunikací a to za denního i nočního provozu. Výsledky hodnocení jsou předávány jak provozovatelům, tak výrobcům strojních zařízení. V jejich možnostech je nejen odstranění závad na zařízeních, která jsou již v provozu, ale i využití poznatků při projekci a výrobě zařízení nových.

Přehled hlavních zjištěných hodnot na vybraných pracovištích některých zařízení technologických celků:

(E_{pk} = osvětlenost místně průměrná a časově minimální;
 E_p = osvětlenost místně průměrná - hodnoty E_{pk} a E_p v luxech;
 rovnoměrnost osvětlenosti = podíl nejmenší a největší osvětlenosti na dané ploše - předepsané hodnoty jsou minimální)

Měřené místo	E_{pk} předepsané	E_p měřené	Rovnoměrnost předepsaná	Rovnoměrnost měřená
<u>Kolesové rýpadlo KU 800/7</u>				
kabína řidiče	250-600	250	0,33	0,32
pracovní přestor kola	25	40	0,165	0,31
ochoz výložníku a kabiny	10	63	0,165	0,67
kabína předního pasaře	60	345	0,165	0,11
kabína zadního pasaře	60	125	0,165	0,56

Pokračování:

Měřené místo	E_{pk} předepsané	E_p měřené	Rovnoměrnost předepsaná	Rovnoměrnost měřená
elektrodílna	300	155	0,2	0,35
dílna údržby hydrauliky	300	122	0,2	0,74
zámečnická dílna	160	75	0,2	0,58
ochoz nakládacího pásu	25-40	68	0,165	0,23
ochoz nakládacího výložníku	25-40	40	0,165	0,6
kabina manip. spoj. mostu	60	137	0,165	0,37
venkovní komunikace	4-10	5	0,125	0,29
<u>Poháněcí stanice č. 255</u>				
kabina obsluhy	250-600	70	0,33	0,75
plošina před kabinou	10	14	0,165	0,4
pohon stanice s převodovkou	60	70	0,2	0,27
plošina nad přesypem	10	33	0,165	0,44
pás za přesypem	60	186	0,165	0,37
<u>Zakladač ZP 5500/5</u>				
kabina řidiče zakladače	250-600	183	0,33	0,66
výložníkový pás	160	190	0,33	—
místo sypání	25	23	0,165	0,07
shazovací vůz - přesyp	60	60	0,165	0,6
kabina obsluhy spoj. mostu	250-600	360	0,33	0,2
elektrodílna	300	385	0,2	0,28
zámečnická dílna	160	228	0,2	0,42
venkovní komunikace	4-10	12	0,125	0,15
<u>Korečkové rýpadlo RK 400/9</u>				
kabina řidiče rýpadla	250-600	95	0,125	0,15
pracovní prostor korečků	25-100	155	0,125	0,63
pásový dopravník	25-100	50	—	—
otočný přesyp	25-100	1200	—	—

Pokračování:

Měřené místo	E_{pk} předepsané	E_p měřené	Rovnoměrnost předepsaná	Rovnoměrnost měřená
ochoz spojovacího mostu	25-100	80	0,125	0,33
zámečnická dílna	160	118	0,2	0,24
elektrodílna	300	190	0,2	0,52
rozvodna VN a NN	100	120	0,2	0,5
kruhový ochoz	4-10	23	0,125	0,15
venkovní komunikace	4-10	15	0,125	0,17
<u>Rýpadlo Poclain 1000 CK/150</u>				
pracov. prostor lopaty v řezu	25	18	0,165	0,075
pracov. prostor lopaty při nakládání	25	12	0,165	0,15
<u>Rýpadlo E 7/51</u>				
strojovna rýpadla	100	90	0,2	0,5
kabina řidiče rýpadla	250-600	400	0,33	0,33
pracovní prostor lopaty v řezu	25	88	0,165	0,166
pracovní prostor lopaty při nakládání	25	118	0,165	0,56
prostor pod rýpadlem - pra- covní plán	4-10	30	0,125	0,2
prostor pod zadní rýpadla	4-10	40	0,125	0,33
kolejiště	4-10	5	0,125	0,25

Literatura

- /1/ ČSN 36 0004 Umělé světlo a osvětlování
- /2/ ČSN 36 0014 Měření denního osvětlení
- /3/ ČSN 36 0015 Měření umělého osvětlení
- /4/ ČSN 36 0046 Umělé osvětlování v průmyslových závodech
- /5/ ČSN 36 0051 Osvětlování povrchových dolů pro těžbu ne-
rovných surovin