

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

37 096

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G06V 20/56 (2022.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2023-40982**
(22) Přihlášeno: **16.05.2023**
(47) Zapsáno: **31.05.2023**

- (73) Majitel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veverí, CZ
- (72) Původce:
Ing. Jan Škoda, Ph.D., Moravský Písek, CZ
doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D., Brno, CZ
Ing. Martin Motyčka, Ph.D., Dlouhá Třebová, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Libor Markes, patentový zástupce, Grohova
145/54, 602 00 Brno, Veverí

- (54) Název užitého vzoru:
**Sestava pro hodnocení oslnění na
komunikacích**

CZ 37096 U1

Sestava pro hodnocení oslnění na komunikacích

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká sestavy pro hodnocení oslnění uživatelů komunikací opatřených komunálním osvětlením.

10 Dosavadní stav techniky

Svítlidla instalovaná na komunikacích k jejich osvětlení zvyšují komfort řidiče v nočním provozu, mohou však na něj působit rušivě, a dokonce vést až k jeho oslnění, např. v důsledku nevhodné volby druhu svítidel, jejich intenzity, nasměrování apod. Závažný je především omezující efekt oslnění, při kterém už je fyziologicky snížena rozlišovací schopnost zraku.

Ke snížení rozlišovací schopnosti zraku dochází vlivem rozptylu světla na struktuře oka. Zde se vliv silícího oslnění projeví zvýšením závoje jas, který sníží kontrast mezi rozlišovaným objektem a jeho pozadím, čímž se zvýší práh rozlišitelnosti objektu, tj. minimální jas objektu nutný k jeho rozlišení. Pro posouzení oslnění od svítidel pro osvětlování komunikací, se hodnotí právě toto omezující oslnění, neboť v převážné většině případů vlivem tmavého pozadí přechází téměř vždy stav rušivého oslnění do stavu omezujícího tím, že je sítnice nebo její část vystavena jas

vyššímu, než na který je oko adaptováno (adaptační jas).
 Při hodnocení fyziologického oslnění se vychází z úvahy, že oslnění vyvolává uvnitř oka určitý rozptyl světla, jehož vliv lze postihnout hodnotou ekvivalentního závoje jas. To je jas, o který je třeba zvýšit původní adaptační jas, aby se za stavu bez fyziologického oslnění dosáhlo prahu rozlišitelnosti jasu zjištěného při oslnění. Vychází se při tom z předpokladu, že závislost prahu rozlišitelnosti jasu předmětu na adaptačním jas je přibližně lineární.

30

Situaci vystihuje graf na obr. 1. Je-li při adaptačním jas L_{p1} ke spolehlivému rozlišení určitého předmětu (bod A_1) zapotřebí rozdíl ΔL jasu předmětu L_1 a prahu rozlišitelnosti jasu v bodě A , pak při oslnění lze vliv rozptylu světla uvnitř oka interpretovat tak, jakoby oslněná část sítnice byla adaptována na vyšší jas L_{p2} . Předmět, jehož jas je L_1 , je při adaptačním jas L_{p2} již nerozlišitelný, neboť bod A_2 leží pod prahem B rozlišitelnosti jasu. Původní rozlišitelnosti se dosáhne zvýšením jasu předmětu (bod B_1) na hodnotu L_2 , aby byl opět zachován rozdíl jasů ΔL od prahu rozlišitelnosti, tj. od bodu B . Rozdíl adaptačních jasů ($L_{p2} - L_{p1}$) se pokládá za měřítko působení rozptylu světla (vzniku závoje) v očních mediích a je tedy roven ekvivalentnímu závoje jas $L_{qz} = L_{p2} - L_{p1}$.

40

Číselně pak je přípustná míra oslnění vyjádřena tzv. prahovým přírůstkem označovaným jako II (Threshold Increment), který v procentech vyjadřuje, o kolik se zvýší prahová hodnota rozlišitelnosti, pod kterou již zrak není schopen rozlišit objekt na pozadí.

Platná norma ČSN EN 13 201-3 a 4 vydaná 1. 6. 2016 při hodnocení oslnění vychází ze zjištění plynoucích z pokusů Holladaye z roku 1927, že totiž na závoje jas, resp. na prahový přírůstek má vliv osvětlenost oka, úhel mezi směrem pohledu a oslňujícím zdrojem a věk pozorovatele. Tato norma uvádí metodiku pro měření oslnění na tomto principu a poskytuje k tomu základní matematický aparát.

50

Do výpočtu závoje jas tak vstupují svítidla, která se nacházejí v oblasti vymezené rovinou procházející okem, jejíž sklon od vodorovné roviny činí 20° a která napříč protíná vozovku. Nad vozovkou je instalována řada svítidel. Svítidla nacházející se nad úrovní této skloněné roviny se do výpočtu nezahrnují (tato svítidla jsou většinou pro řidiče odstíněna kabinou auta). Závoje jas

od svítidel označovaný jako L_v se pro každé svítidlo následně spočítá podle empirického vztahu (1)

$$L_{vi} = k_v \frac{E_i}{\vartheta_i^2} \quad (cd \cdot m^{-2}; -, lx, ^\circ)$$

(1),

kde je E_i přímá osvětlenost oka pozorovatele v rovině kolmé na směr pohledu

vyvolaná i-tým svítidlem,
 ϑ_i úhel mezi směrem pohledu a spojnicí oko – svítidlo,
 k_v konstanta závislá na věku pozorovatele.

Výpočet konstanty k_v se následně provede pomocí vztahu (2)

$$k_v = 9,86 \left[1 + \left(\frac{V}{66,4} \right)^4 \right] \quad (-; rok)$$

(2),

kde je V věk pozorovatele. Pro návrh osvětlovacích soustav se bere jako standardní věk pozorovatele 23 roků.

Vztah (1) za použití vztahu (2) následně přejde do podoby (3), ve které je uveden i ve zmíněné normě ČSN EN 13201-3 a který je doporučován i mezinárodní komisí pro osvětlování CIE

$$L_{vi} = 9,86 \frac{E_i}{\vartheta_i^2} \left[1 + \left(\frac{V}{66,4} \right)^4 \right] \quad (cd \cdot m^{-2}; lx, ^\circ, rok)$$

(3).

Platnost tohoto vztahu je v rozsahu úhlů $1,5^\circ < \vartheta_i \leq 60^\circ$.

Pro montáže svítidel menší jak 6 m nad vozovkou mohou nastat situace, kdy úhel ϑ_i klesne pod $1,5^\circ$. Na základě tohoto zjištění mezinárodní komise pro osvětlování vydalo v roce 2002 doporučení a aktualizovalo je v roce 2019, kde ve zprávě CIE140:2019 doporučuje použít pro výpočet závojevého jasu upravený vztah (4).

$$L_{vi} = 5 \left[1 + \left(\frac{A}{62,5} \right)^4 \right] \frac{E_i}{\vartheta_i^2} + 10 \frac{E_i}{\vartheta_i^3} \quad (cd \cdot m^{-2}; lx, ^\circ, ^\circ, rok)$$

(4),

který platí v rozsahu úhlů $0,1^\circ < \vartheta_i \leq 1,5^\circ$. Nutno ovšem podotknout, že se takové osvětlovací soustavy vyskytují ojediněle.

Výsledná hodnota ekvivalentního závojevého jasu je pak součtem všech dílčích příspěvků od jednotlivých svítidel, tak jak naznačuje vztah (5)

$$L_v = \sum_{i=1}^n L_{vi} \quad (cd \cdot m^{-2}; cd \cdot m^{-2})$$

(5).

Do součtu se zahrnou všechna svítidla, která jsou vymezena příslušnými úhly a nakloněnou rovinou až do vzdálenosti 500 m v každé řadě svítidel a sčítání se ukončí, až příspěvek závoje jas od kteréhokoliv ze svítidel klesne pod 2 % celkového závoje jas předchozích svítidel v dané řadě.

Výsledná hodnota prahového přírůstku se určí ze vztahu (6)

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_{av}^{0,8}} \quad (\%; cd \cdot m^{-2}, cd \cdot m^{-2})$$

(6),

kde je L_v závoje jas pro pozorovatele ve výšce 1,5 m nad vozovkou, dívajícího se vpřed ve směru rovnoběžném s osou vozovky, přičemž je jeho pohled směřován do středu referenčního (výpočtového) pole, L_{av} počáteční průměrný jas vozovky (pro nová svítidla a zdroje o jmenovitém světelném toku), který reprezentuje při výpočtu oslnění jas pozadí.

Metodika podle uvedené normy ČSN EN 13201-3 tedy upravuje měření oslnění na komunikaci opatřené řadou svítidel. Pozorovatel se umístí do osy jízdního pruhu v kontrolním bodu, což je prakticky místo pod stožárem osvětlení, ve vzdálenosti od výpočtového pole určené vztahem $2,75(H-1,5)$, kde H je výška svítidla nad vozovkou. Výpočtovým polem je podle doporučení normy obdélníková plocha vozovky mezi dvěma stožáry nacházející se od kontrolního bodu v uvedené vzdálenosti. Výsledkem tohoto místního měření je hodnota prahového přírůstku TI v daném místě.

Má-li se vyhodnotit stav oslnění po celé délce komunikace, pozorovatel se přemísťuje v ose komunikace v krocích odpovídajících rozteči kontrolních bodů (sloupů osvětlení) ve výpočtovém poli a postupně opakuje měření. Ze všech takto získaných prahových přírůstků TI se nalezne maximální hodnota, která je rozhodující pro kontrolu oslnění na komunikaci a pro porovnání s maximální dovolenou hodnotou TI pro konkrétní třídu komunikace. Pak je tedy výsledkem vyhodnocení funkce f_{TI} , jejíž maximální hodnota v hodnoceném úseku nesmí překročit stanovenou mez.

Platnost tohoto výpočtu je omezena na průměrný jas vozovky od $0,05 cd \cdot m^{-2}$ do $5 cd \cdot m^{-2}$, což je v běžných podmínkách reálná hodnota.

Norma ČSN EN 13201-4 doporučuje měřit průměrný jas komunikace v poli vymezeném mezi dvěma sousedícími stožáry se svítidly. Pole je rozděleno do rastru odpovídajícímu soustavě bodů, které byly stanoveny jako výpočtové. Hustota rastru se stanoví podle vztahů (7) a (8)

$$D = \frac{S}{N} \quad (m; m, -)$$

(7),

$$d = \frac{W}{3} \quad (m; m)$$

(8),

- kde je D vzdálenost bodů v podélném směru vozovky,
 d vzdálenost bodů v příčném směru vozovky,
 S vzdálenost mezi sousedními stožáry,
 W šířka jízdního pruhu,
 5 N počet výpočetních bodů, pro které platí:
 $S \leq 30$ m: $N = 10$
 $S > 30$ m: N je rovno nejmenšímu celému číslu splňujícímu podmínku $D \leq 3$ m.

- V tomto rastru doporučuje norma používat eliptický jasoměr o zorném úhlu $1/3^\circ$, přičemž
 10 v horizontálním směru předepisuje velikost $20'$ a ve vertikálním $2'$. Norma dále připouští, že pokud je dostupný přístroj s lepším zorným polem, lze jej použít, pokud svými ostatními parametry bude srovnatelný s doporučenými jasoměry. Vzhledem ke komplikovanému způsobu měření oslnění konvenčními přístroji norma ČSN EN 13201-4 doporučuje využít právě přístroje založené na obrazové snímací technice (ILMD – Imaging Luminance Measurement Device). Norma tedy uvádí
 15 metodu, jak oslnění stanovit výpočtem a k tomu navrhuje smínací zařízení. Nepopisuje však zařízení, které by výstup snímacího zařízení zpracovalo s precizní kvantifikací oslnění.

- Technické řešení si klade za úkol navrhnout relativně nenákladnou sestavu zařízení, která umožní
 20 operativní snímání oslnění na komunikacích a jeho hodnocení s použitím metodiky a principu matematického postupu podle normy ČSN EN 13 201-3 a 4.

Podstata technického řešení

- 25 Uvedený úkol řeší sestava pro hodnocení oslnění na komunikacích sestávající ze snímacího zařízení a na ně napojené výpočetní jednotky, přičemž snímací zařízení je umístěno ve výšce 1,5 m nad komunikací opatřenou svítidly rozmístěnými v linii v pravidelné rozteči a přičemž ve směru pohledu ze snímacího zařízení se na komunikaci nachází výpočtové pole ve vzdálenosti
 30 $X_d = 2,75 \cdot (H - 1,5)$ m od prvního svítidla nacházejícího se v obraze snímacího zařízení, kde H je výška svítidla. Podstata sestavy spočívá v tom, že snímacím zařízením je digitální fotometrický fotoaparát nebo kamera, přičemž výpočetní jednotka opatřená monitorem je vybavena do bloků členěným softwarem pro zpracování snímků kamery. Tento software má na vstupu blok pro převod snímků na jasovou informaci a z nich vytvoření snímku s vysokým dynamickým rozlišením. Na něj je napojen jednak blok pro volbu relevantních svítidel (výpočtová větev jasů svítidel) a jednak
 35 blok pro volbu a geometrické vymezení výpočtového pole (výpočtová větev úhlů a jasu komunikace). Přitom na blok pro volbu relevantních svítidel je napojen blok pro výpočet jasu každého relevantního svítidla, na něj blok pro výpočet osvětlenosti oka v přímém směru od jednotlivých svítidel na základě úhlů mezi kamerou a svítidly, na něj blok pro výpočet závojevého jasu od jednotlivých svítidel na základě úhlů mezi kamerou a svítidly, na něj blok sumace
 40 závojeových jasů jednotlivých svítidel a na něj blok výpočtu prahového přírůstku. Přitom na blok pro volbu a geometrické vymezení výpočtového pole je napojen jednak blok pro výpočet směru od kamery k výpočtovému poli, jednak blok pro výpočet jasu vozovky. Přitom na blok pro výpočet směru od kamery k výpočtovému poli je napojen blok pro výpočet úhlů mezi kamerou a svítidly propojený s blokem pro výpočet osvětlenosti oka v přímém směru od jednotlivých svítidel na
 45 základě úhlů mezi kamerou a svítidly a blokem pro výpočet závojevého jasu od jednotlivých svítidel na základě úhlů mezi kamerou a svítidly. Přitom na blok pro výpočet jasu vozovky je napojen blok výpočtu prahového přírůstku s výstupem na zařízení k zobrazení výsledných hodnot prahových přírůstků II svítidel.

- 50 Vstupní blok pro převod snímků na jasovou informaci a z nich vytvoření snímku s vysokým dynamickým rozlišením může mít s výhodou předřazen blok (18) spouštění opakované expozice.

- Na zařízení k zobrazení výsledných hodnot prahových přírůstků II svítidel může být napojeno
 55 zařízení k uložení výsledných hodnot.

V mobilním provedení sestavy je digitální kamera vybavena maskou k omezení úhlu snímání ve vertikálním směru na 20° a je upevněna na vozidle nebo na stativu otáčivě a opatřena vnitřním gyroskopem.

5

Objasnění výkresů

Technické řešení bude dále objasněno pomocí výkresů, na nichž obr. 1 graficky ukazuje vztah adaptačního jasu a jasu pozorovaného předmětu, obr. 2 představuje geometrický vztah vozovky, svítidel a umístění a zaměření kamery, na obr. 3 je příkladné schéma zapojení sestavy pro hodnocení oslnění na komunikacích, na obr. 4 HDR snímek ulice s vysokotlakými výbojkami HPS a na obr. 5 snímek ulice osvětlené LED svítidly.

Příklady uskutečnění technického řešení

Obr. 2 znázorňuje schematicky vzájemnou konfiguraci sestavy pro hodnocení oslnění na komunikaci, vozovky a svítidel. Na ni odkazují následující příklady. Vozovka je vymezena okraji 1 a středy jízdních pruhů 2. Svítidla jsou podél komunikace rozmístěna v linii 3 na sloupech o výšce H v pravidelné rozteči s . Ve směru 5 pohledu z digitální kamery O_{bs} umístěného ve výšce 1,5 m nad vozovkou se nachází výpočtové pole 4. Sklon směru 5 pohledu vůči vozovce činí 20° , což odpovídá vzdálenosti $X_d = 2,75 \cdot (H - 1,5)$ m od prvního svítidla nacházejícího se v obrazu kamery.

Sestava pro hodnocení oslnění na komunikacích sestává z kamery a na ni napojené výpočetní jednotky VJ, přičemž kamerou je digitální fotometrická kamera O_{bs} , umístěná v konfiguraci s komunikací a jejím osvětlením podle obr. 1. Výpočetní jednotka VJ je opatřena monitorem a vybavena do bloků členěným softwarem pro zpracování snímků kamery O_{bs} . Fotometrický fotoaparát nebo kamera je zařízení upravené tak, aby mělo funkci fotometru, což je zařízení, které má spektrální citlivost odpovídající křivce λ .

30

Software – viz obr. 3 – má na vstupu blok 6 pro převod snímků na jasovou informaci a z nich vytvoření snímku s vysokým dynamickým rozlišením. Na něj je napojen jednak blok 7 pro volbu relevantních svítidel (začátek výpočtové větve jasů svítidel) a jednak blok 8 pro volbu a geometrické vymezení výpočtového pole (začátek výpočtové větve úhlů svítidel a jasu komunikace). Přitom na blok 7 pro volbu relevantních svítidel je napojen blok 9 pro výpočet jasu každého relevantního svítidla, na něj blok 10 pro výpočet osvětlenosti oka v přímém směru od jednotlivých svítidel na základě úhlů mezi kamerou a svítidly, na něj blok 11 pro výpočet závoje jasů od jednotlivých svítidel na základě úhlů mezi kamerou a svítidly, na něj blok 12 sumace závoje jasů jednotlivých svítidel a na něj blok 13 výpočtu prahového přírůstku. Přitom na blok 8 pro volbu a geometrické vymezení výpočtového pole je napojen jednak blok 14 pro výpočet směru od kamery O_{bs} k výpočtovému poli, jednak blok 15 pro výpočet jasu vozovky.

Přitom na blok 14 pro výpočet směru od kamery O_{bs} k výpočtovému poli 4 je napojen blok 16 pro výpočet úhlů mezi kamerou O_{bs} a svítidly propojený s bloky 10, 11. Přitom na blok 15 pro výpočet jasu vozovky je napojen blok 13 výpočtu prahového přírůstku s výstupem na zařízení 17 k zobrazení výsledných hodnot prahových přírůstků II svítidel a na registr 18.

V pokročilém provedení může mít vstupní blok 6 pro převod snímků na jasovou informaci a z nich vytvoření snímku s vysokým dynamickým rozlišením předřazen blok 18 pro automatické spouštění opakované expozice.

50

Na zařízení 17 k zobrazení výsledných hodnot prahových přírůstků II svítidel může být napojeno zařízení 19 k uložení výsledných hodnot.

V mobilním provedení sestavy je digitální kamera O_{bs} vybavena maskou k omezení úhlu snímání ve vertikálním směru na 20° a je upevněna na vozidle nebo na stativu otáčivě a opatřena vnitřním gyroskopem.

- 5 S popsanou sestavou byla provedena řada měření oslnění na komunikacích:

Jelikož se mnohdy subjektivně zdá, že nové LED instalace působí ve srovnání s HPS oslňujícím dojmem, byly testovány LED soustavy a konvenční soustavy se sodíkovými zdroji HPS – (vysokotlaká sodíková výbojka) a výsledky vzájemně srovnány. Příklad výsledků je popsán níže
 10 na dvou podobných brněnských ulicích (Hudcova s LED – obr. 4 a Sv. Čecha s HPS – obr. 5). Obě osvětlovací soustavy nebyly nové, ale protože se jednalo o porovnání míry oslnění v konkrétní době mezi dvěma soustavami, přepočet pomocí udržovacího činitele se nepoužil. Obě soustavy měly stejnou výšku svítidel nad vozovkou a přibližně stejnou rozteč stožárů. Po stránce subjektivního hodnocení působila osvětlovací soustava HPS se sodíkovými výbojkami
 15 příjemnějším neoslňujícím dojmem, kdežto LED soustava byla subjektivně hodnocena jako oslňující. U obou soustav byl použit stejný postup měření a vyhodnocení. Měřicí aparatura se nacházela v souladu s normou ve výšce 1,5 m a byla nastavena do vzdálenosti tak, aby pokrývala svým zorným polem oblast svítidla nacházející se ve vymezené oblasti (20° vertikálně) opět v souladu s normou. Následujícím postupem byla prostřednictvím výpočetní jednotky algoritmem
 20 vybrána svítidla a stanoven i prostorový úhel nezbytný pro stanovení závoje jasů.

Digitální fotometrickou kamerou O_{bs} , t.j. kamerou spektrálně přizpůsobenou na citlivost standardního fotometrického pozorovatele, byly exponovány snímky s několika odlišnými dobami expozice: Jelikož je nutné zaznamenat v jednom snímku vysoký jas svítidel a nízký jas vozovky
 25 (což je bráno jako jas pozadí), je třeba použít algoritmus, který z více snímků s různou expozicí vytvoří snímek s vysokým dynamickým rozlišením (HDR) – viz blok 6.

Byla vymezena oblast zájmu na vozovce – viz blok 8: Do připraveného HDR snímku se vložil objekt, vymezující oblast zájmu – výpočtové pole 4, resp. oblast jasu vozovky, a to mezi prvním
 30 a druhým sloupem v šířce komunikace se zahrnutými svítidly – viz blok 8. Do této oblasti má být směřován také směr pohledu pozorovatele, což se určí poklepáním na příslušnou volbu v menu programu.

Byla označena relevantní svítidla Luminaire 1 až n: V obrázku je nutné označit svítidla, která se
 35 mají zahrnout do výpočtu. To se provede tak, že se na obrázku označí oblast, kde se vyskytují svítidla. Následně se pomocí nástroje pro detekci svítidel automaticky vybere přesný obrys svítidla tak, aby do výpočtu vstupovala jen oblast pokrývající skutečnou plochu svítidla – viz blok 7.

Spustil se algoritmus pro vyhodnocení II , vycházející ze vztahu v normě ČSN EN 13 201.

40 Do výpočtu II byla zahrnuta svítidla Luminaire 1 až n, se kterými se počítalo při návrhu osvětlovací soustavy. Do měření se zahrnula pouze svítidla, která jsou ve vymezeném rozsahu úhlů a přispějí do celkové hodnoty II více jak 2 % (viz norma ČSN EN 13201). Příklad takové soustavy je na obr. 3. II jednotlivých svítidel a výsledné II pro tuto soustavu je uvedeno v tabulce 1. Pro
 45 porovnání byla změřena i osvětlenost pod svítidlem Luminaire 1, která činila 5.7 lx.

Nastane-li však situace, že se v zorném poli vyskytne svítidlo, se kterým projektant nepočítal, (Luminaire 9 ze soukromé osvětlovací soustavy v obr. 5 (vpravo)), bylo třeba toto svítidlo z vyhodnocování vyřadit. V tabulce 2 je uveden případ, kdy je vyhodnoceno II jen ze svítidel
 50 Luminaire 1 až 8, viz obr. 5, přičemž pro vlastní výpočet se uvažují jen svítidla Luminaire 1 až 3, neboť dle pravidel pro výpočet II se výpočet ukončí v momentě, kdy svítidla nepřispívají do výsledku více jak 2 %. Ukázalo se však, že svítidlo Luminaire 9 má na míru oslnění velmi podstatný vliv. Subjektivním posouzením se toto svítidlo jeví jako velmi oslňující, což potvrzují i výsledky měření. Pro úplnost ještě nutno dodat, že osvětlenost pod svítidlem Luminaire 1 v obr. 5
 55 byla 25,7 lx.

Velmi překvapující je však porovnání výsledků osvětlovacích soustav s HPS a LED. Dle subjektivního hodnocení se předpokládalo, že číselně bude více oslňovat soustava s LED, avšak podle výsledků se zdá, že je stav přesně opačný.

5

Tabulka 1 - Výsledky pro případ svítidel HPS

Detector	θ (°)	E_i (lx)	L_{vi} (cd.m ⁻²)	TI increase (%)
Luminaire 1	21,6	1,5554	0,0333	
Luminaire 2	9,7	0,0389	0,0041	7,29
Luminaire 3	5,9	0,0097	0,0028	4,91
Luminaire 4	4,3	0,0092	0,0049	8,55
Luminaire 5	3,4	0,0019	0,0016	2,86
Luminaire 6	2,7	0,0014	0,0019	3,41
Luminaire 7	2,3	0,0014	0,0026	4,51
Luminaire 8	1,9	0,0007	0,0019	3,42
Luminaire 9	1,6	0,0005	0,0018	3,14
Luminaire 10	1,5	0,0004	0,0018	3,19
L_v (cd.m⁻²)			0,0568	
L_{av} (cd.m⁻²)			0,2359	
TI (%)			11,7	

Tabulka 2 - Výsledky pro případ svítidel LED (bez svítidla Luminaire 9)

10

Detector	θ (°)	E_i (lx)	L_{vi} (cd.m ⁻²)	TI increase (%)
Luminaire 1	21,3	5,3207	0,1178	
Luminaire 2	8,9	0,0616	0,0077	4,4%
Luminaire 3	6,0	0,0136	0,0038	2,2%
Luminaire 4	4,3	0,0042	0,0023	1,3%
Luminaire 5	3,5	0,0003	0,0002	0,1%
Luminaire 6	3,0	0,0002	0,0003	0,2%
Luminaire 7	2,8	0,0002	0,0002	0,1%
Luminaire 8	2,4	0,0006	0,0010	0,6%
L_v (cd.m⁻²)			0,1294	
L_{av} (cd.m⁻²)			1,2862	
TI (%)			6,87	

Technické řešení najde uplatnění při hodnocení světelného komfortu stávajících osvětlovacích systémů, při jejich úpravách a při navrhování nových systémů.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Sestava pro hodnocení oslnění na komunikacích sestávající ze snímacího zařízení a na ně napojené výpočetní jednotky, přičemž snímací zařízení je umístěno ve výšce 1,5 m nad komunikací opatřenou svítidly rozmístěnými v linii (5) v pravidelné rozteči a přičemž ve směru pohledu ze snímacího zařízení se na komunikaci nachází výpočtové pole (4) ve vzdálenosti $(X_d) = 2,75 \cdot (H-1,5)$ m od prvního svítidla nacházejícího se v obraze snímacího zařízení, přičemž H je výška svítidla, **vyznačující se tím**, že snímacím zařízením je digitální fotometrický fotoaparát nebo kamera (O_{bs}), přičemž výpočetní jednotka (VJ) opatřená monitorem je vybavena do bloků členěným softwarem pro zpracování snímků kamery (O_{bs}), který má na vstupu blok (6) pro převod snímků na jasovou informaci a z nich vytvoření snímku s vysokým dynamickým rozlišením, na nějž je napojen jednak blok (7) pro volbu relevantních svítidel a jednak blok (8) pro volbu a geometrické vymezení výpočtového pole (4), přičemž na blok (7) pro volbu relevantních svítidel je napojen blok (9) pro výpočet jasu každého relevantního svítidla, na něj blok (10) pro výpočet osvětlenosti oka v přímém směru od jednotlivých svítidel na základě úhlů mezi kamerou (O_{bs}) a svítidly, na něj blok (11) blok pro výpočet závojevého jasu od jednotlivých svítidel na základě úhlů mezi kamerou (O_{bs}) a svítidly, na něj blok (12) sumace závojeových jasů jednotlivých svítidel, na něj blok (13) výpočtu prahového přírůstku, přičemž na blok (8) pro volbu a geometrické vymezení výpočtového pole je napojen jednak blok (14) pro výpočet směru od kamery (O_{bs}) k výpočtovému poli (4), jednak blok (15) pro výpočet jasu vozovky, přičemž na blok (14) pro výpočet směru od kamery (O_{bs}) k výpočtovému poli (4) je napojen blok (16) pro výpočet úhlů mezi kamerou (O_{bs}) a svítidly propojený s bloky (10, 11), přičemž na blok (15) pro výpočet jasu vozovky je napojen blok (13) výpočtu prahového přírůstku s výstupem na zařízení (17) k zobrazení výsledných hodnot prahových přírůstků TI svítidel.

2. Sestava podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vstupní blok (6) pro převod snímků na jasovou informaci a z nich vytvoření snímku s vysokým dynamickým rozlišením má předřazen blok (18) spouštění opakované expozice.

3. Sestava podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že na zařízení (17) k publikaci výsledných hodnot prahových přírůstků TI svítidel je napojeno zařízení (19) k uložení výsledných hodnot.

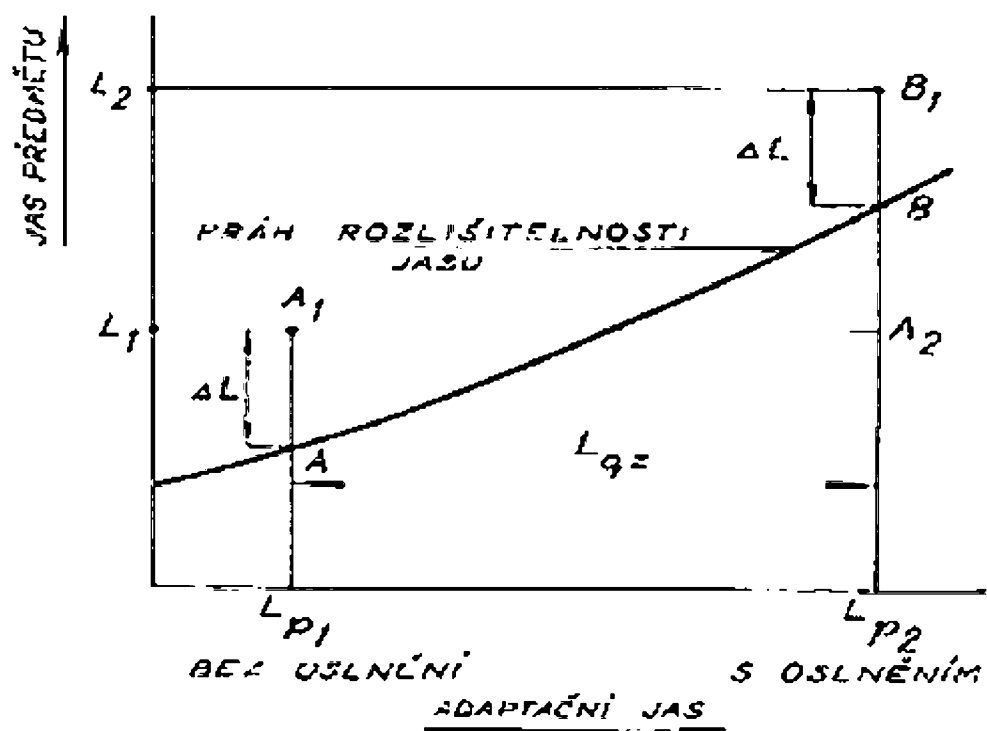
4. Sestava podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že digitální fotoaparát nebo kamera (O_{bs}) je vybavena maskou k omezení úhlu snímání ve vertikálním směru na 20° a je upevněna na vozidle nebo na stativu otáčivě a opatřena vnitřním gyroskopem.

5 výkresů

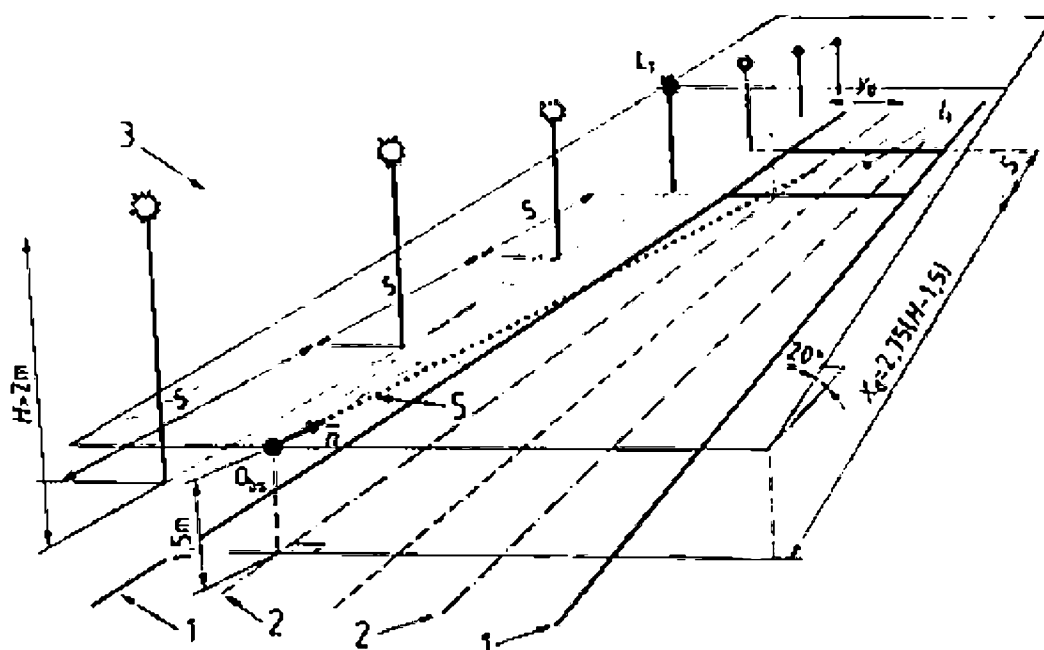
Seznam vztahových značek:

- 1 okraje vozovky
- 2 jízdní pruhy
- 3 linie svítidel na komunikaci
- 4 výpočtové pole
- 5 směr pohledu kamery
- 6 blok pro převod snímků na jasovou informaci a vytvoření HDR snímku
- 7 blok pro volbu relevantních svítidel
- 8 blok pro volbu a geometrické vymezení výpočtového pole
- 9 blok pro výpočet jasu každého relevantního svítidla
- 10 blok pro výpočet osvětlenosti oka od jednotlivých svítidel
- 11 blok pro výpočet závojevého jasu jednotlivých svítidel
- 12 blok sumace závojeových jasů
- 13 blok výpočtu prahového přírůstku TI

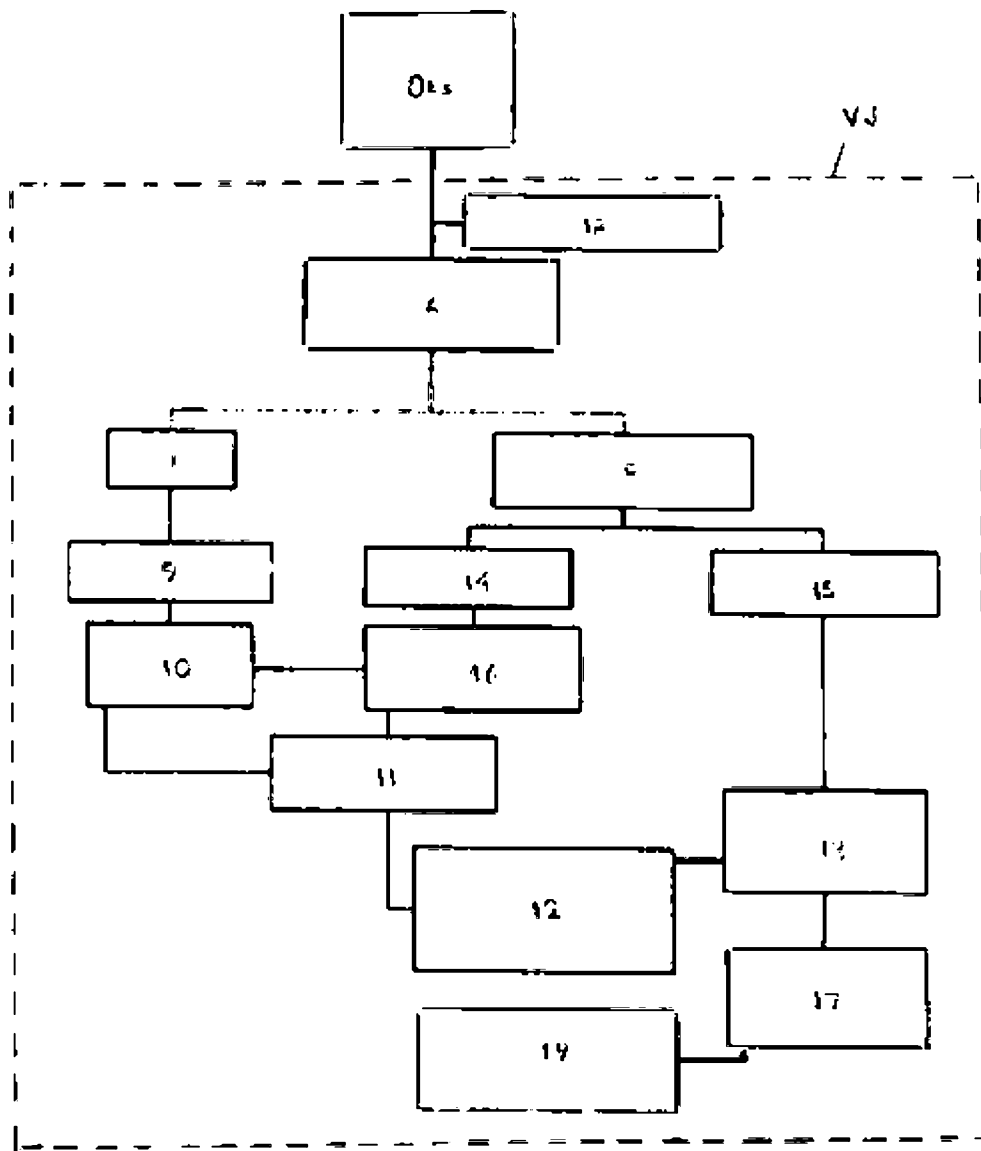
- 14 blok pro výpočet směru od kamery k výpočtovému poli
- 15 blok pro výpočet jasu vozovky
- 16 blok pro výpočet úhlů mezi kamerou a svítidly
- 17 zařízení k zobrazení výsledných hodnot
- 18 blok pro automatické spouštění expozice
- 19 zařízení k uložení výsledných hodnot
- Obs kamera
- VJ výpočetní jednotka
- H výška svítidla nad komunikací
- Xd vzdálenost kamery od prvního relevantního svítidla
- Luminaire svítidlo



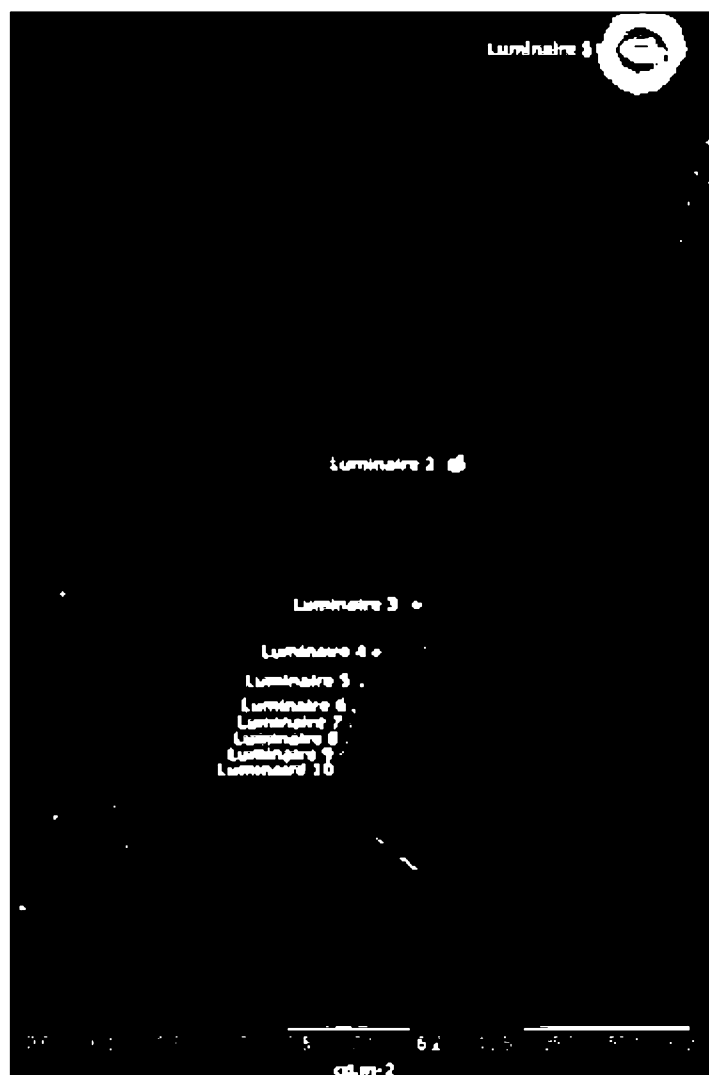
Obr. 1



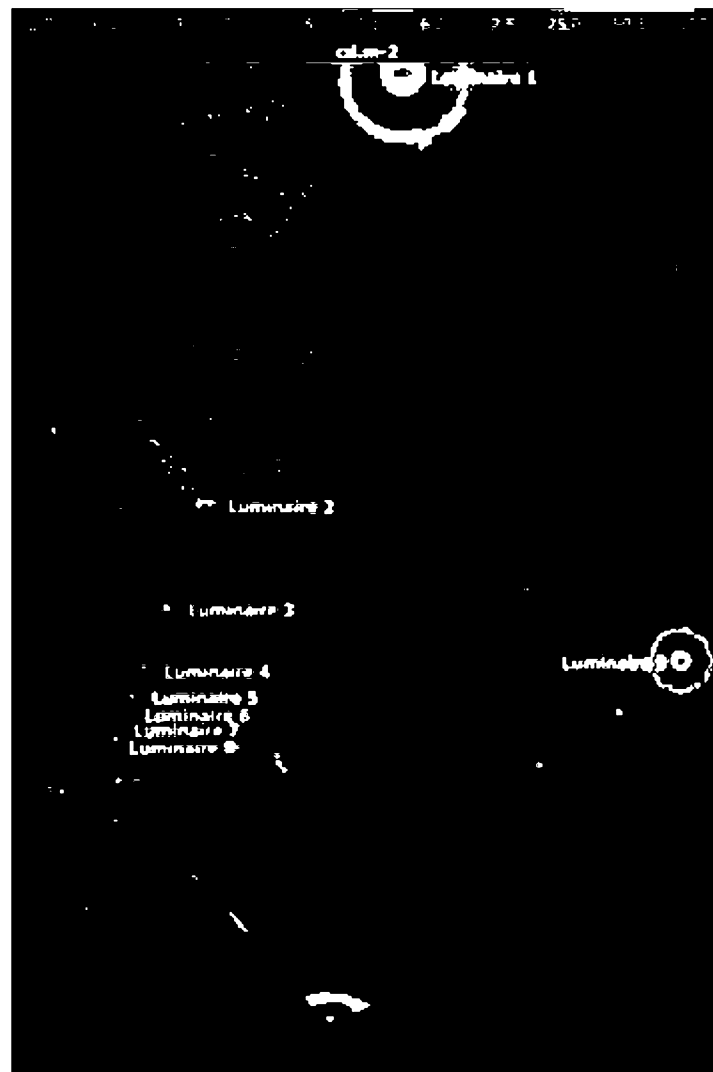
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5