

## Natūralaus patalpos apšvietimo įtaka difuzinio ekrano vaizdo kontrastui

S. Masiokas, V. Pakėnas

Elektros ir šviesos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas,  
A.Mickevičiaus g. 37, LT - 44244 Kaunas, Lietuva

### Įžanga

Sparčiai plintant modernioms vaizdų projektavimo priemonėms, vis svarbiau panaudoti jas efektyviai: ekrane pateikti geros kokybės vaizdą. Stiprėjant projektorius šviesos srautui, aiškėja tendencija demonstruoti vaizdus neužtemdytose patalpose. Tai pradėta taikyti dar tuo metu, kai projektorių šviesos srautai siekė vos 400 lm [1]. Šią tendenciją ypač skatina plačiai vartojami grafoprojektoriai, kurių šviesos srautas dažniausiai būna ne mažesnis kaip 2000 lm [2].

Naujas šuolis pateikiant informaciją ekrane įvyko, kai buvo sukurti skaitmeniniai projektoriai, kuriais galima rodyti viską, kas matoma kompiuterio ekrane. Šiuo metu labiausiai plinta 1500–2000 lm projektoriai. Jų savybės gerėja, kainos sparčiai mažėja [3, 4, 5].

Svarbiausias uždavinys – pateikti gerai matomą vaizdą. Vaizdo matomumas priklauso nuo rodomo objekto kampinio matmens bei nuo vaizdo skaisčio kontrasto. Projektorius gali rodyti labai kontrastingą vaizdą (juodų ir baltų vaizdo dalių skaisčio santykis gali būti nuo 200:1 iki 2000:1). Ekrane projektuojamo vaizdo kontrastas gerokai sumažėja dėl ekraną apšvieičiančios pašalinės šviesos (pvz., dėl auditorijos dirbtinio ar natūralaus apšvietimo).

Auditorijos dirbtinio apšvietimo atveju pašalinė ekraną apšvieta dažniausiai nesiekia 200–400 lx. Tuo atveju matymo sąlygas galima įvertinti ir tiksliai prognozuoti, apskaičiavus vaizdo matomumą. Kur kas sunkiau prognozuoti natūralų apšvietimą.

### Skaičiuotės metodika ir pradinės sąlygos

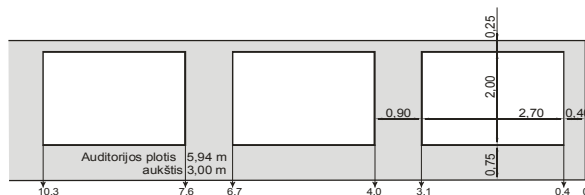
Ekrano vaizdo skaisčio kontrastas skaičiuojamas kaip santykinis objekto ( $L_o$ ) ir fono ( $L_f$ ) skaisčių skirtumas:  $K = |L_o - L_f| / L_f$  (kai vaizdas yra pozityvas) arba  $K = |L_o - L_f| / L_o$  (kai vaizdas yra negatyvas). Abiem atvejais lemiamą reikšmę turi skaisčių skirtumas  $L_o - L_f$ , kuris ir yra skaičiuojamasis projektorius skaisčių, sukuriamas ekrane. Kadangi šiuo metu dažniausiai naudojami sklaidieji (difuziniai) ekranai, jų skaisčių  $L = \rho E / \pi$ , t. y. tiesiai proporcingas ekraną apšvietai  $E$  ir jo atspindžio faktoriui  $\rho$ . Vadinasi, šiuo atveju kontrastą galima pakeisti projektorius ir bendrojo apšvietimo apšvietų santykiu  $K = E_{pr} / E_f$ .

Projektorius sudaro ekraną apšvietą, kuri lygi projektorius šviesos srauto  $\Phi_{pr}$  ir apšvieičiamo ekraną ploto  $A$

santykiui. Auditorijos bei klasės matmenys dažniausiai yra  $6 \times 9$  m. Toliau nagrinėjamos patalpos, kurių ilgis ne mažesnis kaip 9 m. Kaip žinoma, ekraną plotis turėtų būti lygus  $1/6$  atstumo iki tolimiausio žiūrovo. Šiuo atveju aktyvus ekraną plotis turėtų būti  $w = 9/6 = 1,5$  m, o jo plotas  $A = 3w^2/4 = 0,75 \times 1,5^2 = 1,69$  m<sup>2</sup>. Skaičiuodami tariame, kad vaizdo proporcijos ekrane yra tokios pat kaip ir standartinio kompiuterio vaizduoklio – 3:4. Vadinasi, projektorius sukuria apšvietą  $E = \Phi_{pr} / A = \Phi_{pr} / 1,69$ .

Fono apšvieta priklauso nuo patalpos apšvietimo. Nagrinėjant dienos šviesos įtaką, reikia apskaičiuoti ekraną apšvietą dėl natūralios šoninių langų šviesos. Šiuo atveju pasinaudosime H. Higbie metodu, kurio šiuolaikinė interpretacija buvo pateikta anksčiau [6].

Parinkta tokia langų išdėstymo geometrija (1 pav.), kuri būdinga vėliau statytų KTU rūmų auditorijoms. Nagrinėta trijų langų patalpa, nes ketvirtojo lango įtaka nagrinėjama vaizdo kokybei labai maža.



1 pav. Patalpos šoninės sienos langų geometrija

Nagrinėtas langų šviesis  $M$ , esant skirtingam šviesiam klimatui: nuo labai giedros iki labai apniukusios dienos (1 lentelė). Galima insoliacija skaičiuotėje neįvertinta.

Skaičiuotei pasirinkti du variantai: a) netemdomas nė

1 lentelė. Natūralaus apšvietimo sąlygos (Lietuvoje)

Var.	Apibūdinimas (nepaisant insoliacijos)	Šviesis $M$ (lm/m <sup>2</sup> )
A	Labai giedra diena, balti debesys šiaurėje	50000
B	Giedra diena	30000
C	Pusiau apniukusi diena	20000
D	Apniukusi diena	10000
E	Labai apniukusi diena	5000

vienas langas ir b) užtemdomas arčiausiai ekrano esantis langas. Pastarasis variantas patrauklus tuo, kad šviesesnę dieną panaikinama ypač didelė artimiausio lango įtaka ekrano vaizdo kontrastui.

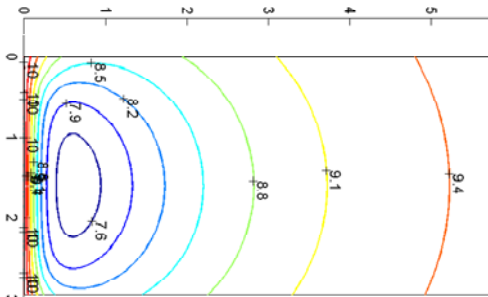
Ekranų orientacija nagrinėta irgi dvejopai: a) klasikinis atvejis, kai ekranas kabinamas ar statomas prieš stebėtojus tradicinės lentos plokštumoje (priekinėje sienoje) ir b) kabinamas ar statomas prie išorinės (langų) sienos, pasuktas apie 30° kampu priekinės sienos atžvilgiu. Pirmąjį variantą galima vadinti klasikiniu, nes pradžioje ekranizuojant mokymo procesą buvo bandoma pakeisti klasės lentą ekranu. Antrasis atvejis perspektyvus, nes ne tik lieka laisvos erdvės tradicinei lentai, bet dar tikimasi gauti ir didesnę vaizdo kontrastą.

Nagrinėti keturi skaitmeniniai projektoriai (2 lentelė).

2 lentelė. Nagrinėti projektoriai

Šviesos srautas, klm	Ypatumai ir sąlyginė paskirtis
1,5	Ypač portatyvus, mažos galios; verslui
2,0	Portatyvus, nedidelės galios; mokymui
3,2	Gana portatyvus, vidutinės galios; mokymui
8,0	Stacionarus, didelės galios; konferencijoms didelėse salėse

Taikant MATLAB programą apskaičiuota 80 kontrasto pasiskirstymo priekinėje sienoje variantų (2 pav.).



2 pav. Kontrasto pasiskirstymas priekinėje sienoje (skaičiuotės rezultatų pavyzdys)

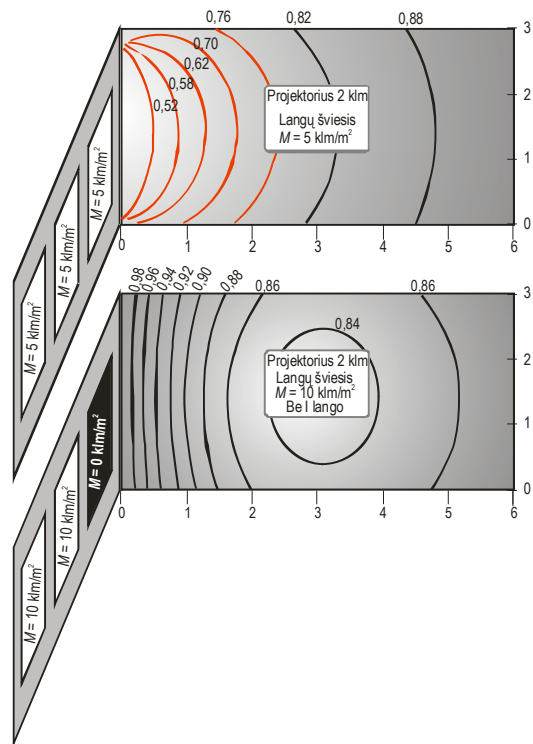
## Rezultatų aptarimas

Renkant ekranui vietą, reikia atsižvelgti ne tik į vaizdo kontrasto priklausomybę nuo natūralaus apšvietimo, bet ir į realias galimybes. Nustatyta [2], kad vaizdo kokybė gali būti laikoma patenkinama arba gera, kai jo kontrastas  $K \geq 0,8$ .

**Pirmasis variantas.** Ekranas yra priekinės sienos viduryje (3 pav.). Šiuo atveju vaizdo kontrastas labai priklauso nuo šviesinio klimato, t. y. nuo langų šviesio (4 pav.).

Neužtemdžius nė vieno lango, kontrastas  $K \geq 0,8$  galimas tik naudojant 8 klm projektorių ir tik esant langų šviesiui  $M \leq 15 \text{ klm/m}^2$ . Mažesnės galios projektoriai neužtemdytoje patalpoje nenaudotini.

Užtemdžius pirmąjį langą, kontrastas gerokai padidėja. Tuo atveju 8 klm projektorių galima naudoti net labai giedrą dieną (esant šviesinio klimato A variantui). Gali būti taikomi ir mažesnės galios projektoriai, nors ir labiau ribotomis šviesinio klimato sąlygomis. Pavyzdžiui, 3,2 klm projektorius gali būti naudojamas, kai  $M \leq 25 \text{ klm/m}^2$ .



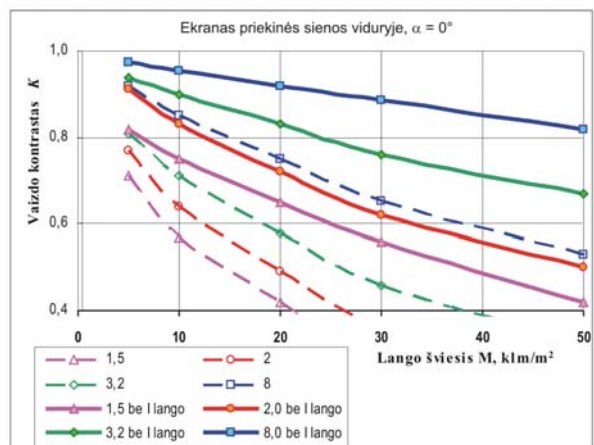
3 pav. Vaizdo kontrastas, kai ekranas yra priekinės sienos viduryje

Šiuo metu populiarius 2 klm projektorius gali būti naudojamas tik užtemdžius pirmąjį langą ir tik esant visų likusių langų šviesiui  $M \leq 10 \text{ klm/m}^2$ . Labai apniukusią dieną ( $M \leq 5 \text{ klm/m}^2$ ) gali būti naudojamas net mažiausios galios 1,5 klm projektorius.

**Antrasis variantas.** Ekranas yra prie išorinės sienos, pasuktas 28° kampu priekinės sienos atžvilgiu (5 pav.). Apskaičiuoti rezultatai pateikti 6 paveiksle. Iš jo matome, kad 8 klm projektoriumi galima naudotis ir neužtemdžius pirmojo lango, kai  $M \leq 20 \text{ klm/m}^2$ .

Mažesnės galios projektoriai gali būti naudojami tik labai apniukusią dieną ( $M \leq 5 \text{ klm/m}^2$ ).

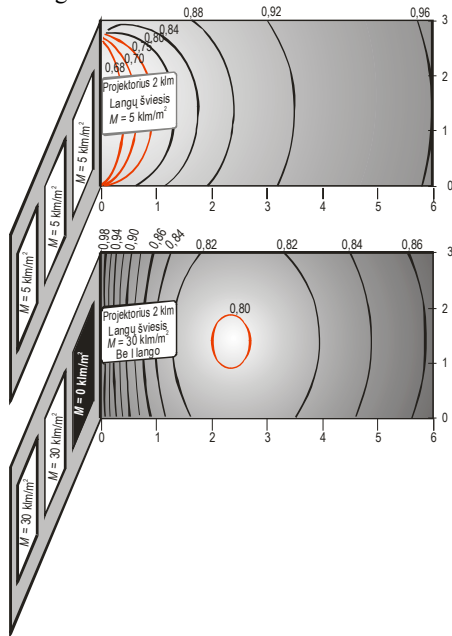
Užtemdžius pirmąjį langą, rezultatai pasikeičia iš esmės. Šiuo atveju be jokių apribojimų galima naudoti



4 pav. Vaizdo kontrasto priklausomybė nuo langų šviesio, kai ekranas priekinės sienos viduryje

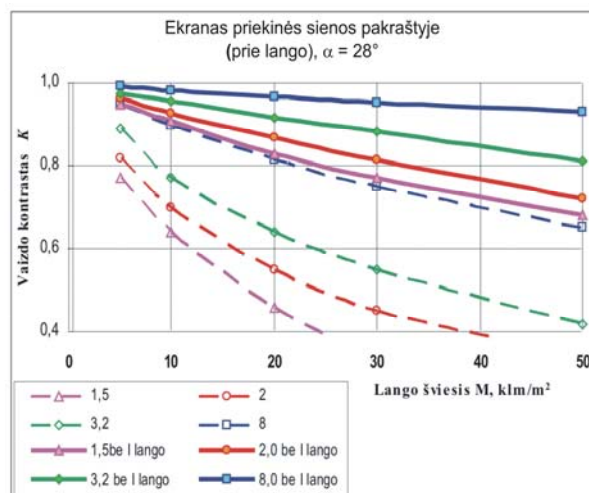
3,2 klm ir galingesnius projektorius. Vidutinės galios 2,0 klm projektorių jau galima naudoti ir giedrą dieną ( $M \leq 30 \text{ klm/m}^2$ ). Net ir 1,5 klm projektorius tinka, kai  $M \leq 25 \text{ klm/m}^2$ .

Be to, iš kreivių matome, kad 8 klm projektorius vaizdo kontrastas neužtemdytoje auditorijoje prilgsta 1,5 klm projektorius vaizdo kontrastui, kai užtemdytas pirmasis langas.

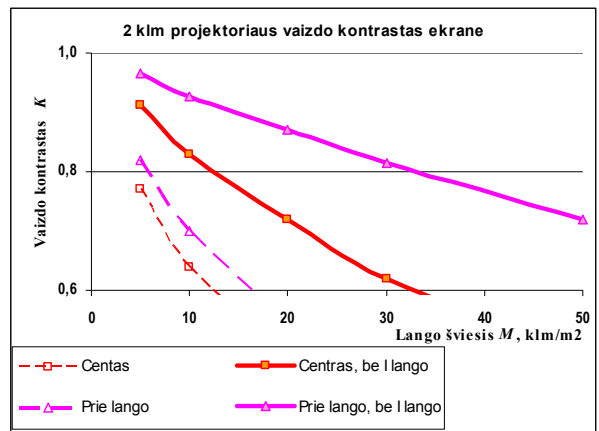


5 pav. Vaizdo kontrastas, kai ekranas yra prie išorinės sienos

Ekonominis įvertinimas. Gauti rezultatai rodo, kad didžiausią įtaką vaizdo kontrastui turi pirmojo lango užtemdymas. Kadangi šiuo metu projektorių kaina beveik proporcinga jų šviesos srautui (santykinė kaina sudaro apie 4–5 Lt/lm), galima teigti, kad pirmąjį langą užtemdyti ekonomiškai naudinga, nes sudaroma galimybė naudoti mažesnės galios pigesnius projektorius. Kadangi jie yra portatyvūs, tai labiausiai tinka mokymui.



6 pav. Vaizdo kontrasto priklausomybė nuo langų šviesio, kai ekranas yra prie išorinės sienos



7 pav. Vaizdo kontrasto priklausomybė nuo langų šviesio, kai naudojamas 2 klm projektorius

Mokymo projektorius. Šiuo metu mokymo reikalams patraukliausias yra nedidelės galios 2 klm projektorius. Jis gana portatyvus, jo santykinė kaina (Lt/lm) palyginti neaukšta; ir nuolat sparčiai mažėja. Analizuodami šio projektorius naudojimo galimybes, jo skaičiuotus rezultatus pateiksime atskirai (7 pav.).

Matome, kad šis projektorius naudotinas tik užtemdžius pirmąjį langą. Kai ekranas yra prieš stebėtojus priekinėje sienoje, projektorių tikslinga naudoti tik apniukusią dieną ( $M \leq 10 \text{ klm/m}^2$ ). Kai ekranas yra prie išorinės sienos ir pasuktas apie  $30^\circ$  kampu, gana geros kokybės vaizdą galima rodyti net giedrą dieną ( $M \leq 30 \text{ klm/m}^2$ ).

## Išvados

1. Esant natūraliai šviesai tik galingiausi projektoriai ( $\geq 8 \text{ klm}$ ) tinka rodyti neužtemdytoje auditorijoje, kai langų šviesis ne didesnis kaip  $10 \text{ klm/m}^2$ , t. y. esant apniukusiai dienai.
2. Ypač didelę įtaką vaizdo kontrastui turi pirmojo lango užtemdymas. Užtemdžius pirmąjį langą, vaizdo kontrastas, gautas 2 klm projektoriumi, prilgsta kontrastui, gautam 8 klm projektoriumi, kai pirmasis langas neužtemdytas.
3. Užtemdžius pirmąjį langą, tikslinga ekraną statyti šalia jo, t. y. prie išorinės sienos, ir pasukti jį apie  $30^\circ$  kampu priekinės sienos atžvilgiu.
4. Minėtomis sąlygomis galima naudoti mažos galios projektorių, kurio šviesos srautas  $\Phi \geq 2 \text{ klm}$  ir esant net  $M \leq 10 \text{ klm/m}^2$ , t. y. esant giedrai dienai.
5. Norint naudoti mažos galios portatyviausią projektorių, geroms vaizdo matymo sąlygoms sudaryti reikia papildomų priemonių.

## Literatūra

1. **Масёкас С., Масёкене К.** Статическая экранизация учебного процесса. – Каунас: КПИ, 1982. – 88 с.
2. **Масиокас С., Шабаниенё В.** Графопроjektorius skaidrės matavimo optimizavimo klausimu//Elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2000. – Nr. 24 (33). – P. 86–90.
3. [http://www.kas.lt/XGA\\_2.htm](http://www.kas.lt/XGA_2.htm)
4. <http://www.projectorcentral.com/>

5. [http://www.pricegrabber.com/search\\_attrib.php/page\\_id=38/topcat\\_search=1/form\\_keyword=projector/](http://www.pricegrabber.com/search_attrib.php/page_id=38/topcat_search=1/form_keyword=projector/)
6. **Barauskas R., Masiokas S., Pakėnas V.** Apšvieta nuo pakrypusios stačiakampės plokštumos//Elektronika ir

elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 2(44). – P. 35–37.

Pateikta spaudai 2005 01 4

**S. Masiokas, V. Pakėnas. Natūralaus patalpos apšvietimo įtaka difuzinio ekrano vaizdo kontrastui // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 2(58). – P. 70–73.**

Sparčiai plintant skaitmeniniams projektoriams, labai svarbu projektuoti geros kokybės ekrano vaizdą neužtemdytose patalpose. Darbe išnagrinėta natūralaus apšvietimo įtaka ekrano vaizdo kontrastui. Pateiktos rekomendacijos, kaip sudaryti reikiamą vaizdo kontrastą parenkant tinkamo šviesos srauto projektorių bei ekrano vietą auditorijoje esant natūraliam patalpos apšvietimui. Dienos šviesos įtaka vaizdo kontrastui įvertinta apskaičiuavus apšvietimą nuo langų H. Higbie metodu naudojant MATLAB programą. Skaičiuotė atlikta: penkiems langų šviesos atvejams (5; 10; 20; 30; 50 klm/m<sup>2</sup>), keturiems projektorių šviesos srauto variantams (1; 5; 2,0; 3,2; 8,0 klm), dviem langų temdymo variantams (visi langai netemdomi ir užtemdomas arčiausiai ekrano esantis langas) bei dviem ekrano orientacijos variantams (ekranas priekinės sienos plokštumoje ir prie išorinės sienos, pasuktas apie 30° kampu priekinės sienos atžvilgiu). Apskaičiuota 80 kontrasto kreivių šeimų variantų. Gauti rezultatai leidžia tinkamai parinkti ekrano vietą įvertinant pasirinktus kintamuosius. Rekomenduojama užtemdyti arčiausiai ekrano esantį langą, ekraną įrengti arčiausiai išorinės sienos ir pasukti 30° kampu priekinės sienos atžvilgiu. Esant šioms sąlygoms, kontrastą  $K \geq 0,8$  galima pasiekti net ir naudojant pigiausias modernius mažos galios projektorius, kurių šviesos srautas  $\Phi \geq 2$  klm. Il. 7, bibl. 6 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**S. Masiokas, V. Pakėnas. The Influence of Room's Daylighting on the Contrast of Diffuse Screen Image // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 2(58). – P. 70–73.**

The fast progress in use of digital projectors produces a necessity of making a proper screen image. The article presents the research of the image contrasts on diffuse screen in a daylit room. The recommendations for obtaining a proper contrast of screen image using the said projectors and a different location of diffuse screen in daylit interior are given. The calculations of the screen image contrast depending on daylight illuminance are performed on a base of H. Higbie method in MATLAB environment. The data are obtained for such conditions: 5 cases of daylight luminous emittance (5; 10; 20; 30; 50 klm/m<sup>2</sup>), 4 cases of projector's luminous flux (1; 5; 2,0; 3,2; 8,0 klm), 2 cases of the window's shielding (no shield and the shielding of the first window near the screen) and 2 cases of the screen position (the screen is located on the front wall or near the exterior wall set 30° about). 80 variations of contrast charts are computed. It enables to choose the proper location of the diffuse screen in respect of analysed variables. It is advisable to shield first window near the screen and to locate diffuse screen close the exterior wall set 30° about. These conditions enable to obtain the contrast of diffuse screen image  $K \geq 0.8$  although there are in use low-priced low-powered up-to-date projectors with luminous flux  $\Phi \geq 2$  klm. Ill. 7, bibl. 6 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**C. Masėkas, V. Pakėnas. Влияние естественного освещения помещения на контраст экранного изображения // Электроника и электротехника. – Каunas: Технология, 2005. – № 2(58). – С. 70–73.**

Все более широкое применение цифровой проекционной техники вызывает необходимость в проектировании качественно изображения на экране в незатемненных помещениях. В настоящей работе исследовано влияние естественного освещения помещения на контраст экранного изображения и представлены рекомендации по созданию необходимого контраста как выбором проектора соответствующего светового потока, так и места экрана и его ориентации. Влияние естественного освещения на контраст экранного изображения оценивалось посредством расчета освещенности от окон методом H. Higbie с использованием программы MATLAB. Расчет проведен в случае 5 вариантов светности (5; 10; 20; 30; 50 клм/м<sup>2</sup>), 4 вариантов светового потока проектора (1; 5; 2,0; 3,2; 8,0 клм), 2 вариантов затемнения окон (без затемнения и с затемнением наиболее близкого к экрану окна), а также при двух вариантах расположения экрана – на фронтальной стене и у оконной стены при повороте его на угол около 30° относительно фронтальной стены. Проведенный расчет около 80 вариантов семейства кривых контраста позволяет обоснованно выбрать место расположения экрана с учетом рассматриваемых факторов. Рекомендуется затемнение наиболее близкого к экрану окна и расположение экрана у оконной стены при повороте его на угол около 30° относительно фронтальной стены. Соблюдение упомянутых условий позволяет обеспечить контраста изображения на диффузном экране  $K \geq 0,8$  даже с использованием наиболее дешевых современных маломощных проекторов, световой поток которых  $\Phi \geq 2$  клм. Ил. 7, библи. 6 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).