

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum
Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica

Václav Bumba

Hodnocení ploch určených pro zadní projekci

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica, Vol.
7 (1966), No. 1, 171--179

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/119845>

Terms of use:

© Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 1966

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

*Katedra experimentální fyziky a metodiky fyziky
Vedoucí katedry: prof. dr. Josef Fuks*

HODNOCENÍ PLOCH URČENÝCH PRO ZADNÍ PROJEKCI

VÁCLAV BUMBA

(Došlo dne 31. května 1965)

V poslední době se začalo s úspěchem využívat zadní projekce, neboť s sebou přináší řadu výhod, kterých lze využít zejména ve škole, mj. možnost promítání za denního osvětlení. V údajích o kvalitě ploch pro zadní projekci se však vyskytovaly značné rozpory a v některých případech jejich použití bylo neúspěšné. Tento článek rozebírá veličiny, kterými lze hodnotit kvalitu ploch zadní projekce a uvádí experimentální výsledky jejich hodnocení.

Měření kvality projekční plochy vyžaduje měření kvality obrazu vzniklého na této ploše. Absolutním kritériem kvality obrazu je funkce přenosu kontrastu. V našem případě byla kvalita projekčních ploch určených pro zadní projekci zjišťována relativním hodnocením. Relativní hodnocení sice do jisté míry vylučuje srovnání obrazů jedné skupiny s kvalitou obrazů skupiny jiné, avšak to nikterak neznámá, že relativní měření nemůže dostatečně dobře postihnout rozdíly v kvalitě obrazů dané skupiny, v našem případě rozdíly v kvalitě obrazů projekčních ploch určených pro zadní projekci. Srovnání výsledků jedné skupiny se skupinou jinou by však mohlo zkreslit názor na skutečnou kvalitu dané skupiny projekčních ploch, neboť hodnocení každé skupiny projekčních ploch má své specifické vlastnosti.

Projekční plochy jsou často charakterizovány hodnotou užitečného úhlu rozptylu $2\alpha_{uz}$ a hodnotami odrazivosti r_{max} a r_{min} v případě přední projekce a hodnotami propustnosti t_{max} a t_{min} v případě zadní projekce. Tyto veličiny jsou však nedostatečné pro charakterizování kvality projekční plochy, protože neberou v úvahu tvar křivek $r(x)$ event. $t(x)$. Tvar rozptylových křivek je při daných maximech a minimech určen stupněm odraženého, event. prošlého světelného toku v mezích užitečného úhlu rozptylu. Čím je tedy tento světelný tok větší, tím pro větší část úhlu rozptylu α dostáváme větší jas. Tudíž potřebujeme ještě charakteristiku určující výše uvedenou koncentraci světelného toku. Za takovou charakteristiku můžeme vzít střední součinitel jasu \bar{r} event. \bar{t} v mezích užitečného úhlu rozptylu α_{uz} . Pod pojmem střední součinitel jasu rozumíme takovou hodnotu součinitele jasu, kterou by mělo určité místo, kdyby odražený světelný tok v mezích užitečného úhlu rozptylu α_{uz} byl rovnoměrně rozptylován s konstantním jasem.

V obecném případě závisí rozptylová křivka $t(x)$ na úhlu dopadu α světelných svazků na rozptylující povrch. Proto se dohodneme, že střední součinitel jasu \bar{t} budeme určovat při kolmém dopadu světelných svazků. Přitom pro všechny

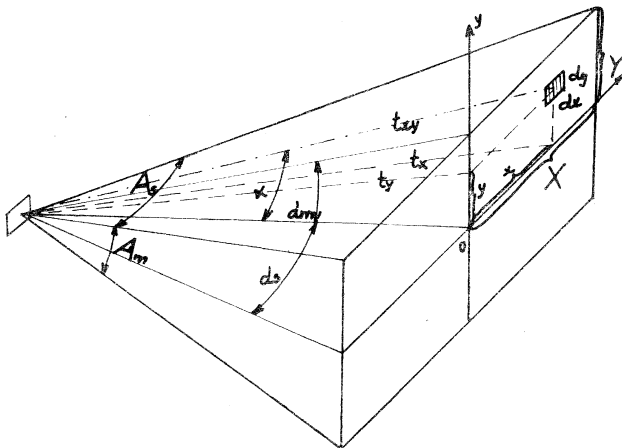
projekční plochy s výjimkou rastrovaných, jsou rozptylové křivky symetrické vzhledem k normále vedené k projekční ploše.

Pro střední součinitel jasu \bar{i} lze odvodit vztah

$$\bar{i} = \frac{4 \int_0^x \int_0^y t_{xy} \frac{dx dy}{(x^2 + y^2 + 1)^2}}{A_m \sin \alpha_x + A_y \sin \alpha_m} \quad (1)$$

kde t_{xy} je součinitel jasu a význam zbývajících veličin je patrný z obr. 1. Výše uvedená rovnice se vztahuje jak na projekční plochy se symetrickým rozptylem světla vzhledem k normále, tak na projekční plochy s nesymetrickým rozptylem světla vzhledem k normále.

V případě projekčních ploch se symetrickým rozptylem světla vzhledem k normále lze určit hodnoty t_{xy} bezprostředně z křivek $t(z)$. U rastrovaných



Obr. 1. Schéma a význam veličin pro odvození vztahu (1).

projekčních ploch potřebujeme pro určení hodnoty t_{xy} znát fotometrické těleso. Proto obvykle vyvodíme jasové charakteristiky ve vertikální a horizontální rovině a odtud můžeme určit hodnoty t_{xy} [1], neboť

$$t_{xy} = \frac{t_x t_y}{t_0} \quad (2)$$

Je však možno postupovat rovněž tak, že pro vybrané hodnoty souřadnic x a y vypočteme odpovídající hodnoty α_{hor} a α_{vert} a hodnoty t_x a t_y bereme přímo z křivek $t(\alpha_{\text{hor}})$ a $t(\alpha_{\text{vert}})$.

Dodejme ještě, že pro srovnání kvality projekčních ploch se symetrickým rozptylem světla vzhledem k normále, je možno namísto pravoúhelného průřezu určovat hodnotu \bar{l} v mezích prostorového úhlu kruhového průřezu, což značně ulehčí výpočet \bar{l} [1]. Integrál v čitateli je možno řešit grafickou cestou [1]. V našem případě však byla hodnota tohoto integrálu vypočtena přibližnou numerickou metodou — sumací obdélníků.

Ukazuje se však, že veličiny navržené M. V. Civkinem v práci [1] pro relativní hodnocení kvality projekčních ploch jsou v případě hodnocení projekčních ploch určených pro zadní projekci nedostatečné, neboť neberou dostatečný ohled na přenos kontrastu obrazu. Jako doplňující charakteristiku navrhuji brát průběh kontrastu měřený z definice v závislosti na rušivém osvětlení, neboť největší výhodou zadní projekce je možnost promítání za demio osvětlení.

Měření jednotlivých veličin bylo provedeno takto:

Velčinu užitečného úhlu rozptylu α_{uz} je možno definovat různým způsobem. V našem případě jsme za hodnotu užitečného úhlu rozptylu α_{uz} brali hodnoty rozptylového úhlu α , pro něž hodnota propustnosti t_u klesne na polovinu propustnosti t_0 ve směru $\alpha = 0^\circ$, tj.

$$t(\alpha_{uz}) = \frac{1}{2} t(0^\circ)$$

pro danou projekční plochu.

Hodnoty maximálních a minimálních propustností t_{max} a t_{min} byly vzaty z jednotlivých rozptylových charakteristik.

Poměrně složitější je měření středního součinitele jasu \bar{l} . Postup a hodnoty přibližného vyčíslení jsou uvedeny v tabulce 1. Čtvrtina prostorového úhlu je rozdělena na 30 nestejných políček — 6 v ose x a 5 v ose y .

Tabulka 1

Č.	x	y	$\alpha_{\text{hor}}, \alpha_{\text{vert}}$	Δx	Δy	$\Delta x \Delta y$	$(x^2 + y^2 + 1)$	$t_{xy} \Delta x \Delta y$	$(x^2 + y^2 + 1)^2$
1	0,0930	0,1002	05°19' 05°43'	0,1905	0,1995	0,03800	1,0188	0,03733	
2	2796	0975	15°37' 05°34'	1860	1995	3710	1,0915	3393	
3	4674	0996	25°03' 05°41'	1860	2025	3765	1,1664	3232	
4	6558	0990	33°15' 05°39'	1920	2004	3850	2,0000	1925	
5	8466	0993	40°15' 05°40'	1890	1995	3770	2,9850	1307	
6	1,0350	0996	45°59' 05°41'	1929	1986	3825	4,2850	0899	
7	0915	2985	05°14' 16°37'	1860	1980	3680	1,2040	3130	
8	2781	2970	15°32' 16°32'	1864	1960	3650	1,8600	2682	
9	4659	2991	24°39' 16°39'	1860	1965	3660	1,7070	2146	
10	6546	2985	33°13' 16°37'	1890	1980	3740	2,4505	1628	
11	8415	2985	40°05' 16°37'	1887	2001	3775	3,2150	1176	
12	1,0296	0,3000	45°50' 16°42'	0,1800	0,2010	0,03795	4,4950	0,00845	

atd. pro další políčka čísel 13—30, pro průměrné hodnoty $y = 0,5022; 0,7057; 0,9099$; pro jednotlivé plochy zjistíme hodnoty t_x, t_y a t_0 z grafů, vypočteme t_{xy}

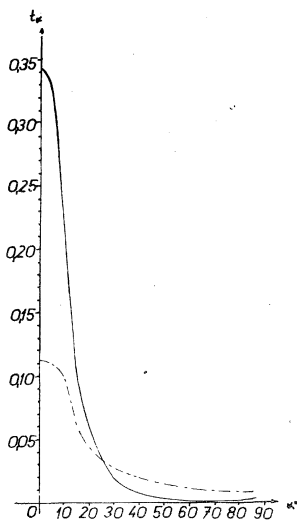
podle rovnice (2) a vyčíslíme střední součinitel jasu \bar{l} daných projekčních ploch.

Zvětšení počtu políček, tj. zmenšení jejich rozměrů by mohlo zvýšit přesnost výpočtu. Hodnoty x, y jsou vzaty pro středy vybraných políček x a y .

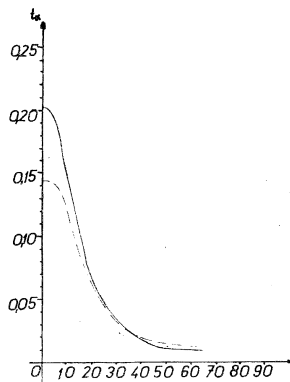
Průběh kontrastu k byl zkoumán pro různé hladiny rušivého osvětlení, které se mohou vyskytnout při denním promítání. Hladiny rušivého osvětlení byly postupně voleny 250, 500- a 1 000 lx.

Získané hodnoty středního součinitele jasu \bar{l} spolu s dalšími charakteristikami jsou uvedeny v tabulce 2.

Rozbor experimentálních výsledků ukazuje, že při hodnocení ploch zadní



Obr. 2. Závislost propustnosti t_a pro Fatrafan 022 (plně) a dvourvrstvou plochu (černovaně).



Obr. 3. Závislost propustnosti t_a pro částečně matované sklo (plně) a částečně matované plexisklo (čárkovaně).

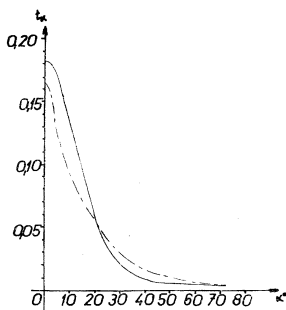
projekce je třeba největší pozornost věnovat průběhu rozptylu. Plochy, které rozptylově nevyhovují, nemůžeme již brát v úvahu pro zadní projekci i v případném příznivém hodnocení dalšími kritérii. Pro zadní projekci se jeví jako vyhovující dvourvrstvá plocha na obr. 2 (kombinace rastrované průhledné fólie Fatrafan 022 a skleněné balotiny), opálové plexisklo na obr. 6, černá plocha na obr. 6 (balotina nalepená na nematované sklo a do lepidivého laku je přidáno černé barvivo; odpadá neekonomické matování a černé barvivo zamezuje vzniku žhavého středu a ponechává ploše zářivost a brilanci obrazu) a matované plexisklo balotinované na obr. 5. Opálové plexisklo a černá plocha

Tabulka 2

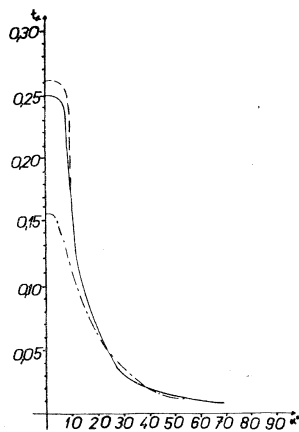
Druh projekce plochy	\bar{t}	$2\sigma_{\alpha}(\text{°})$	$t_{\max}(\%)$	$t_{\min}(\%)$	$t(\%)$
Dvouvrstvá*)	0,0253	30°10'	11,7	5,9	5,8
Fatrafan 022*)	356	26°18'	34,8	17,4	17,4
Černá plocha	108	42°52'	3,6	1,8	1,8
Plexisklo opákové	311	76°44'	6,1	3,0	3,1
Sklo balotínované	439	25°36'	26,2	13,1	13,1
Plexisko balotínované	424	25°00'	17,5	8,8	8,7
Sklo jemně matované	318	31°46'	18,3	9,1	9,2
Sklo hrubě matované	385	33°30'	20,3	10,2	10,1
Plexisklo hrubě matované	348	36°32'	14,4	7,2	7,2
Paузovací papír	194	25°24'	16,4	8,2	8,2
Sklo matované balotínované	314	33°48'	15,7	7,9	7,8
Plexisko matované balotínované	336	33°30'	15,7	7,8	7,9

*) Nejsou uvedeny hodnoty ve vertikálním směru.

mají velmi rovnoměrný průběh rozptylu. Propustnost, zejména u černé plochy je velmi malá. Opálové plexisklo bylo proměřováno o síle 4 mm. Je zřejmé, že rozptylová křivka u těže plochy avšak o síle pouze 2 mm by měla vhodnější průběh. Projekce plochy, které rozptylové nevyhovují poznáme velmi snadno, neboť u těchto velmi rychle klesá hodnota propustnosti s rostoucím úhlem α , tj. v důsledku nevhodného průběhu rozptylu se uprostřed



Obr. 4. Závislost propustnosti t_{α} pro jemně matované sklo (plně) a paузovací papír (čerchované).

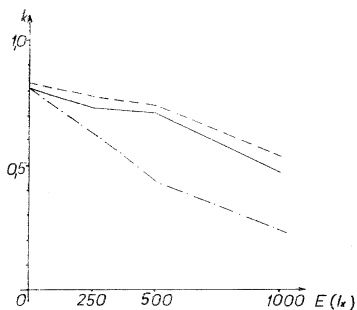


Obr. 5. Závislost propustnosti t_{α} pro balotínované sklo matované (plně), balotínované plexisklo matované (čárkované) a sklo a plexisklo balotínované (čerchované).

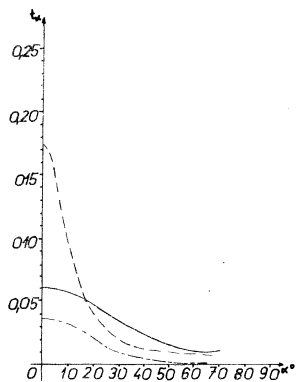
těchto projekčních ploch silně projevuje žhavý střed. U projekčních ploch s nesymetrickým rozptylem vzhledem k normále je na obrázcích uvedena z důvodu přehlednosti jenom jedna křivka.

Plochy, které vyhověly tomuto kritériu, dále srovnáváme podle hodnot kontrastu k , středního součinitele jasu \bar{l} a užitečného úhlu rozptylu $2\alpha_{uz}$, přičemž význam těchto faktorů bereme v uvedeném pořadí. Z grafického zpracování vyplývá, že nejvyšších hodnot kontrastu z pěti uvažovaných ploch, nejvhodnějších pro zadní projekci za denního osvětlení, dosahuje pro všechny hodnoty uvažovaného rušivého osvětlení černá plocha a opálové plexisklo na obr. 12. Dvourstvá plocha dosahuje téhož, nebo nepatrně nižšího kontrastu pro celý uvažovaný průběh rušivého osvětlení, viz obr. 7.

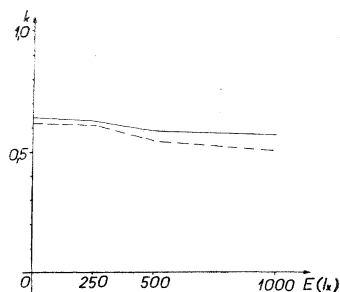
Oproti matovanému balotínovanému plexisklu dosahuje dvourstvá plocha až do rušivého osvětlení 900 lx vyšších hodnot



Obr. 7. Průběh kontrastu k v závislosti na rušivém osvětlení E pro dvourstvou plochu (plně), Fatrafan 022 (čárkovaně) a dvourstvou plochu (čerkovaně) při osvětlení ze strany projektoru.

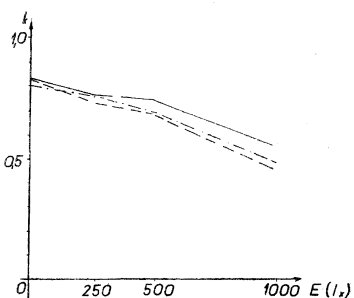


Obr. 6. Závislost propustnosti t_n pro opálové plexisklo síly 4 mm (plně), černou plochu (čerkovaně) a balotínované plexisklo (čárkovaně), vhodnějšího druhu než na obr. 5.

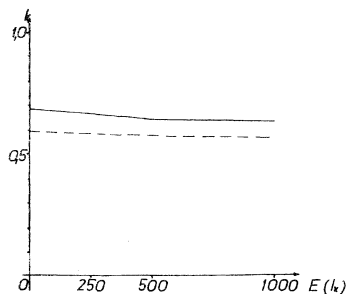


Obr. 8. Průběh kontrastu k v závislosti na rušivém osvětlení E pro balotínované sklo (plně) a balotínované plexisklo (čárkovaně).

kontrastu k , viz obr. 11, matované balotínované plexisklo má naopak oproti stejné zpracovanému sklu nižší hodnoty kontrastu k téměř během celého průběhu uvažovaného rušivého osvětlení, viz obr. 11. Matované balotínované sklo má vzhledem ke dvouvrstvé ploše prakticky stejný průběh kontrastu k jako matované balotínované plexisklo.



Obr. 9. Průběh kontrastu k v závislosti na rušivém osvětlení E pro jenné matované sklo (plné), pauzovací papír (čárkované) a opalové plexisklo (čérchované).

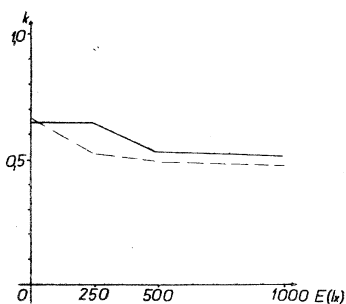


Obr. 10. Průběh kontrastu k v závislosti na rušivém osvětlení E pro matované sklo (plné) a matované plexisklo (čárkované).

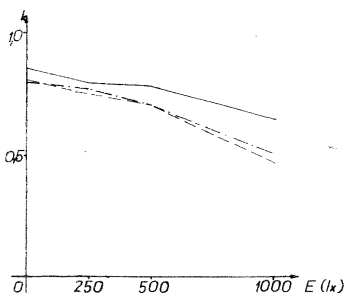
Ve všech těchto případech samozřejmě uvažujeme rušivé osvětlení, které přichází ze strany diváka. V případě, že rušivé osvětlení bude vnikat mezi projektor a projekční plochu, poklesne hodnota kontrastu asi dvojnásobně vzhledem ke stejným hodnotám rušivého osvětlení ze strany diváka. Tento

případ je graficky zpracován na obr. 7 ukázkově pro dvouvrstvou plochu, neboť u ostatních zkoumaných projekčních ploch se jedná o stejnou závislost. Průběh kontrastu k ukazuje nejlépe velký význam odstranění rušivého světla vnikajícího mezi projektor a projekční stěnu. Tato okolnost vede často k nezdarům při denním zadním promítání.

Ze všech zkoumaných ploch určených pro zadní projekci se jeví jako nevhodnější dvouvrstvá plocha a matované balotinované plexisklo. Vzhledem k lepším výsledkům hodnocení kritériem kontrastu k dává lepší výsledky dvouvrstvá plocha. Rozdíly však nejsou velké.



Obr. 11. Průběh kontrastu k v závislosti na rušivém osvětlení E pro matované sklo balotinované (plně) a matované plexisklo balotinované (čárkovaně).



Obr. 12. Průběh kontrastu k v závislosti na rušivém osvětlení E pro černou plochu (plně), balotinované plexisklo vhodnějšího druhu než na obr. 8 (čárkovaně) a opálové plexisklo čerchované).

Absolutní měření kvality obrazu, jak již bylo výše uvedeno, může dát pouze funkce přenosu kontrastu. Tento problém je na našem pracovišti v současné době rozpracován. Uvedené experimentální výsledky ukazují relativní hodnocení a kvalitativní vztahy a současně naznačují směr budoucího vývoje, který jistě není ještě zdaleka u konce.

LITERATURA

- [1] *Ciekin, M. F.*: Obobščennyje charakteristiki svëtorassejanija kinoekranov, Techn. kino i tëlavid., 12, (1958), 26—31.
- [2] *Jiráček, M.*: Charakteristiky odrazných ploch — zvláště odrazných, Jemná mechanika a optika, 9, (1964), 276—277.
- [3] *Hermann, A.*: Plochy pro zadní projekci, Filmovým objektivem, 6, (1961), 15—18.
- [4] *Pechar, J.*: Promítací plochy, Filmovým objektivem, 2—3, (1963), 27.
- [5] *Jiráček, M.*: Měření promítací plochy, Filmový technik, 2, (1960), 19.
- [6] *Geršun, A. A.*: Izbrannye trudy po fotometrii i svëtotechnike, Moskva (1958).

ZUSAMMENFASSUNG

DIE BEWERTUNG VON HINTERPROJEKTIONSFLÄCHEN

VÁCLAV BUMBA

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der relativen Bewertung von Hinterprojektionsflächen, die für die Projektion im Tageslicht bestimmt sind. Es wird hier auch eine weitere, diese Bewertung beschreibende Charakteristik beanschlagt. Weiterhin werden hier die Quantitativ- und Qualitativswerte von einzelnen Projektionsflächen dieser Gruppe eingeführt und eine Ausrechnungsmethode eingedeutet.