

# Aplikace matematiky

---

Bohumil Nábělek

Diferenciální přechodové koeficienty a jejich použití při korigování optických soustav. III

*Aplikace matematiky*, Vol. 5 (1960), No. 5, 381–393

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/102724>

## Terms of use:

© Institute of Mathematics AS CR, 1960

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



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

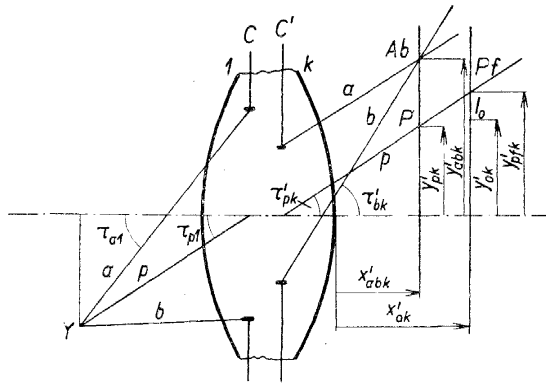
## DIFERENCIÁLNÍ PŘECHODOVÉ KOEFICIENTY A JEJICH POUŽITÍ PŘI KORIGOVÁNÍ OPTICKÝCH SOUSTAV III

BOHUMIL NÁBĚLEK

(Došlo dne 12. listopadu 1958.)

Práce podává přehled vzorců, potřebných k rychlému korigování tangenciální komy, skreslení, barevné vady velikosti a barevné vady polohy v optických soustavách.

V předchozích pracích [1] bylo pojednáno o změnách otvorové vady, odchylky od sinové podmínky a změnách polohy paraxiálního ohniska v závislosti na provedené změně konstrukčních parametrů. To byly nejjednodušší vady optické soustavy, které se projevují při zobrazení bodu ležícího na optické ose nebo v její blízkosti. V praxi však soustavy zobrazují i body dosti vzdálené od optické osy a je samozřejmé, že je požadováno kvalitní zobrazení i těchto tzv. mimoosových bodů. Při jejich zobrazení se projevuje několik vad. Jak bylo již na počátku uvedeno, všimneme si jen tangenciální komy a skreslení. Obě tyto vady určujeme v tzv. tangenciální rovině, tj. v rovině, v níž leží optická osa a zobrazovaný mimoosový bod  $Y$  (viz obr. 1; zde je tangenciální rovinou rovina nákresny). Abychom mohli stanovit velikost těchto dvou vad, musíme pomocí trigonometrického výpočtu určit chod mimoosového svazku paprsků optickou soustavou. K tomuto účelu postačí, vybereme-li ze svazku tři význačné paprsky, pro něž příslušný propočet provedeme. Jsou to:



Obr. 1.

1. paprsek procházející horním okrajem clony (tj. „horní“ paprsek), označený v obr. 1 písmenem  $a$ ;

2. paprsek jdoucí středem clony (tzv. hlavní paprsek), označený v obr. 1 písmenem  $p$ ;

3. paprsek procházející dolním okrajem clony („dolní“ paprsek), označený v obr. 1 písmenem  $b^1$ .

Po průchodu optickou soustavou se tyto paprsky vzájemně protnou, nebo protnou určité význačné roviny v obrazovém prostoru. Tyto průsečíky nám poslouží při posuzování vad.

Označme symbolem  $Ab$  průsečík horního a dolního paprsku, symbolem  $P$  průsečík hlavního paprsku s rovinou jdoucí bodem  $Ab$  kolmo k optické ose, symbolem  $Pf$  pak průsečík hlavního paprsku s paraxiální obrazovou rovinou (viz obr. 1). Souřadnicový systém v obrazovém prostoru zvolíme tak, jak je vyznačeno v obr. 1, tedy ve vrcholu poslední lámavé plochy. Chceme-li vypsat souřadnice jednotlivých bodů tak, jak jsou vyznačeny v obr. 1, můžeme psát:  $Ab(x'_{ab}, y'_{ab})$ ,  $P(x'_{ab}, y'_p)$ ,  $Pf(x'_0, y'_{pf})$ . Je nutné učinit zmínku o „ideálním“ obrazovém bodě, označeném v obr. 1 symbolem  $I_0(x'_0, y'_0)$ . Je to bod, v němž by hlavní paprsek protnul paraxiální obrazovou rovinu, kdyby soustava zobrazovala ideálně — tj. bez vad.

Při určování změn vad v tangenciální rovině použijeme jednoduchých a základních koeficientů, odvozených v citované první části práce. Přitom je zapotřebí zavést pojmy a k nim příslušné symboly, které se vztahují na mimoosový svazek paprsků.

## 1. PŘECHODOVÉ KOEFICIENTY PRO ZMĚNY POLOHY „VÝZNAČNÝCH BODŮ“ V OBRAZOVÉM PROSTORU

Poloha bodu  $Ab$  závisí na chodu dolního a horního paprsku soustavou  $k$  centrovaných lámavých kulových ploch. Chod paprsků můžeme vhodnou konstrukcí změnou ovlivnit tak, aby došlo k přemístění bodu  $Ab$ .

Označme symbolem  $\tau_{ai}$  ( $i = 1, \dots, k$ ) úhel, který svírá horní paprsek s optickou osou soustavy při dopadu na  $i$ -tou plochu. Dále označíme symbolem  $p_{ai}$  vzdálenost horního paprsku od vrcholu  $i$ -té plochy (tj. průsečíku plochy s optickou osou) a to bezprostředně před dopadem na tuto plochu. Nechť symboly  $\tau'_{ai}$  a  $p'_{ai}$  mají analogický význam pro obrazový prostor  $i$ -té plochy. Je zřejmé, že  $\tau'_{ai} = \tau_{ai+1}$  ( $i = 1, \dots, k - 1$ ).

Předpokládejme, že jsme na  $i$ -té ploše soustavy provedli takovou změnu, že bod  $Ab$  přejde do  $Ab'$  (obr. 2), přičemž chod dolního paprsku  $b$  zůstane beze změny. Tato změna má za následek změnu úhlu  $\tau'_{ai}$  a tedy též veličin  $\tau'_{ak}$  a  $p'_{ak}$ . Obecně lze tuto závislost vystihnout funkčními vztahy

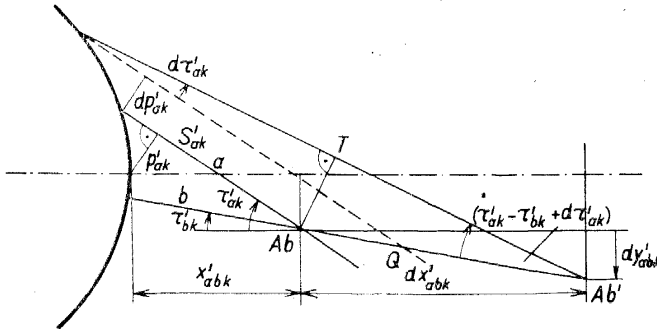
$$(1a) \quad \tau'_{ak} = \tau'_{ak}(\tau'_{a1}, \dots, \tau'_{ak-1}; p_{a1}, \dots, p_{ak}),$$

$$(1b) \quad p'_{ak} = p'_{ak}(\tau'_{a1}, \dots, \tau'_{ak-1}; p_{a1}, \dots, p_{ak}),$$

<sup>1)</sup> K rozlišení veličin, vztahujících se k jednotlivým paprskům, je užito jako indexů písmen, která označují jednotlivé paprsky.

příčemž je si však třeba uvědomit, že parametry ve funkcích na pravých stranách v (1a) a (1b) nejsou nezávislé.

Je zcela přirozené předpokládat, že funkce na pravých stranách v (1a), (1b) jsou spojité v oboru přípustných argumentů, což odpovídá tomu faktu, že malé změny konstrukčních parametrů na jednotlivých lámavých plochách



Obr. 2.

vyvolávají malé změny příslušných funkčních hodnot. Z důvodů teoretických předpokládejme, že uvažované funkce jsou spojité diferencovatelné v oboru svých argumentů, který přichází v úvahu.

Mysleme si na  $i$ -té ploše takovou změnu, která vyvolá změnu  $d\tau'_{ai}$  úhlu  $\tau'_{ai}$  horního paprsku za  $i$ -tou plochou. Těto změně odpovídá určitá změna  $d\tau'_{ak}$  úhlu  $\tau'_{ak}$  a přemístění dopadového bodu o hodnotu  $d p'_{ak}$ . V první aproximaci můžeme psát<sup>2)</sup>

$$(2a) \quad d\tau'_{ak} = \frac{\partial \tau'_{ak}}{\partial \tau'_{ai}} d\tau'_{ai},$$

$$(2b) \quad d p'_{ak} = \frac{\partial p'_{ak}}{\partial \tau'_{ai}} d\tau'_{ai}.$$

Při předpokládané změně chodu horního paprsku a za předpokladu, že chod dolního paprsku zůstává nezměněn, přemístí se průsečík  $Ab$  v obrazovém prostoru do bodu  $Ab'$ . Pro vzdálenost těchto dvou bodů vyčteme z obr. 2 (za předpokladu malých změn a při vhodné aproximaci)<sup>3)</sup>

$$(3) \quad Ab Ab' = (d p'_{ak} - S'_{ak} d\tau'_{ak}) \frac{1}{\sin(\tau'_{ak} - \tau'_{bk})}.$$

<sup>2)</sup> Pomocí (2a, b) můžeme formálně vystihnout vztah mezi veličinami, předpokládáme-li, že  $d\tau'_{ak}$  a  $d p'_{ak}$  závisí na  $d\tau'_{ai}$  lineárně.

<sup>3)</sup> Viz analogický postup v první části citované práce.



$$(12) \quad \frac{\partial y'_{ab}}{\partial p_{bi}} = C(p_b)_i \frac{\sin \tau'_{ak}}{\sin (\tau'_{ak} - \tau'_{bk})}.$$

Stejnou úvahou dostáváme výsledky pro hlavní paprsek. Přitom budeme předpokládat, že horní i dolní paprsek nebude změnou ovlivněn. Následkem malé změny  $d\tau'_{pi}$  směru hlavního paprsku změní se výška  $y'_{ab}$ . Vztah pro tuto změnu snadno určíme podle obr. 4. Bod  $P$  se přemístil do  $P'$ , což vyjádříme jako

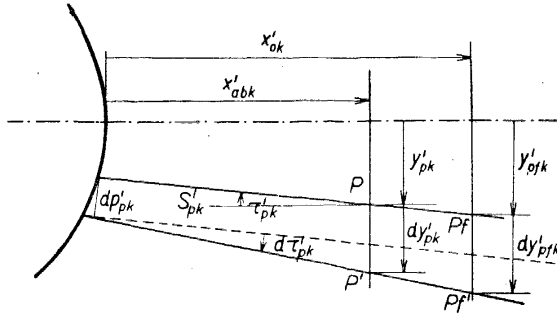
$$(13) \quad PP' = PQ + QP' = (dp'_{pk} - S'_{pk} d\tau'_{pk}) \frac{1}{\cos \tau'_{pk}}.$$

Uvažujeme-li změnu směru, dostaneme

$$(14) \quad \frac{\partial y'_p}{\partial \tau'_{pi}} = C(\tau'_p)_i \frac{1}{\cos \tau'_{pk}},$$

v druhém případě dostáváme pro změnu  $dp'_{pi}$

$$(15) \quad \frac{\partial y'_p}{\partial p_{pi}} = C(p_p)_i \frac{1}{\cos \tau'_{pk}}.$$



Obr. 4.

Podobné vztahy dostaneme i pro změnu souřadnice  $y'_{pf}$  bodu  $Pf$ , zavedeme-li do (14) a (15) index  $pf$  místo  $p$ . Je nutno znovu podotknout, že při této teoretické úvaze se měnil pouze chod hlavního paprsku. Při uvažování konkrétní změny konstrukčního parametru uvidíme, že v praxi nelze provést takovou změnu, která by separátně ovlivnila jen žádaný paprsek. Skutečnou změnou ovlivníme všechny paprsky, procházející soustavou.

## 2. VLIV ZMĚN KONSTRUKČNÍCH PARAMETRŮ

Jak již bylo řečeno, každá změna konstrukčních parametrů ovlivní chod všech paprsků soustavou.

Všimneme-li si nejdříve bodu  $Ab$ , vidíme, že na jeho přemístění se po provedení změny podílejí oba paprsky. Toto výsledné přemístění pak vystihneme vztahem

$$(16) \quad dx'_{ab} = (dx'_{ab})_a + (dx'_{ab})_b.$$

Provedeme-li v soustavě např. změnu křivosti, pak stejně jako při odvození rovnice (30) z [1], dostaneme po dosazení za oba výrazy na pravé straně (16)

$$(17) \quad \frac{\partial x'_{ab}}{\partial c_i} = [C(c_a)_i \cos \tau'_{bk} - C(c_b)_i \cos \tau'_{ak}] \frac{1}{\sin (\tau'_{ak} - \tau'_{bk})};$$

analogicky postupujeme při určování změn druhé souřadnice

$$(18) \quad \frac{\partial y'_{ab}}{\partial c_i} = - [C(c_i)_i \sin \tau'_{bk} - C(c_b)_i \sin \tau'_{ak}] \frac{1}{\sin (\tau'_{ak} - \tau'_{bk})}.$$

Určujeme-li nyní změny  $y'_p$  nebo  $y'_{pf}$ , musíme vzít v úvahu okolnost, že se změnil chod všech paprsků soustavou. V důsledku toho se změnila i poloha rovin, v nichž příslušné souřadnice hlavní paprsek vytíná. S ohledem na orientaci úhlu  $\tau'_{pk}$  máme pro bod  $P$

$$(19) \quad \frac{\partial y'_p}{\partial c_i} = \left[ C(c_p)_i \frac{1}{\cos \tau'_{pk}} - \frac{\partial x'_{ab}}{\partial c_i} \operatorname{tang} \tau'_{pk} \right].$$

Po zavedení indexu  $pf$  dostáváme pro bod  $Pf$  podobný vztah

$$(20) \quad \frac{\partial y'_{pf}}{\partial c_i} = \left[ C(c_p)_i \frac{1}{\cos \tau'_{pk}} - \frac{\partial x'_{ok}}{\partial c_i} \operatorname{tang} \tau'_{pk} \right].$$

Za předpokladu, že předmět leží v nekonečnu pro ideální obrazový bod  $I_0$ . ( $x'_0, y'_0$ ), kde

$$(21) \quad y'_0 = -f \operatorname{tang} \tau_{p1} = - \left( \frac{h_1}{\sigma'_{0k}} \right) \operatorname{tang} \tau_{p1},$$

dostaneme v případě změny křivosti

$$(22) \quad \frac{\partial y'_0}{\partial c_i} = \left( \frac{h_1}{\sigma'_{0k}} \right) \operatorname{tang} \tau_{p1} \frac{\partial \sigma'_{0k}}{\partial c_i} \frac{\partial \sigma'_{0i}}{\partial c_i} = f'^2 \operatorname{tang} \tau_{p1} \frac{\partial \sigma'_{0k}}{\partial c_i}.$$

Při provádění změn indexu lomu na jednoduché lámavé ploše píšeme index  $n_i$  místo  $c_i$ . Musíme mít na zřeteli, že ve skutečnosti změnou indexu lomu ovlivníme celou složku (tj. dvě plochy) a že proto platí vzorce (35) a (36) z odstavce 4 (viz [1]).

Při změnách tloušťky pak opět platí

$$(23) \quad C(d)_i = C(p)_{i+1} \frac{\partial p_{i+1}}{\partial d_i}.$$

### 3. ZMĚNY BAREVNÝCH VAD

Barevné vady jsou způsobeny tím, že světlo při průchodu optickou lámavou soustavou se rozkládá. Jednotlivé jeho složky se lámou různě, v závislosti na vlnové délce. Dochází k tomu, že obrazy vytvořené světlem různých barev mají rozdílnou polohu nebo velikost.

Sečné vzdálenosti pro okrajové barvy spektra  $C$  a  $F$  můžeme vyjádřit pomocí sečné vzdálenosti střední barvy  $d$ . Index lomu skla je závislý na vlnové délce světla. Změní-li se vlnová délka světla, dojde ke změnám indexů lomu. Jde zde vlastně jen o aplikaci vzorců pro změny indexu lomu. Chceme-li studovat zobrazení např. pro barvu  $C$ , řekneme si, že se barva světla změnila

z  $d$  na  $C$ . V důsledku toho se jistým způsobem změnily indexy lomu. Vyjdeme-li ze sečné vzdálenosti pro barvu  $d$ , můžeme pak pro barvu  $C$  psát

$$(24) \quad x'_C = x'_d + \sum^k \frac{\partial x'_d}{\partial N_h} (N_C - N_d)_h.$$

Stejně pak pro barvu  $F$

$$(25) \quad x'_F = x'_d + \sum^k \frac{\partial x'_d}{\partial N_h} (N_F - N_d)_h.$$

Barevná vada polohy je pak rozdíl sečných vzdáleností pro barvu  $C$  a  $F$

$$(26) \quad \Delta x'_\lambda = x'_C - x'_F = - \sum^k \frac{\partial x'_d}{\partial N_h} (N_F - N_C)_h.$$

Výraz v závorce — střední dispersi — označíme  $P_h$ .

Změny barevné vady polohy jsou pak vystiženy vzorcem

$$(27) \quad \frac{\partial \Delta x'_\lambda}{\partial P_h} = - \sum^k \frac{\partial x'_d}{\partial N_h}.$$

Stejně budeme postupovat i při studiu změn barevné vady velikosti. Vzorec pro její změny má tvar.

$$(28) \quad \frac{\partial \Delta y'_\lambda}{\partial P_h} = - \sum^3 \frac{\partial y'_d}{\partial N_h}.$$

Z obou uvedených vzorců (27) a (28) je vidět, že obě barevné vady můžeme určit přímo z trigonometrického výpočtu pro barvu  $d$ , aniž bychom museli provádět dosti dlouhé výpočty pro obě okrajové barvy.

#### 4. ZPŮSOB VÝPOČTU

K teorii převzaté od Cruickshanka bylo nutno sestavit opět formuláře pro výpočet a provést několik úprav, aby bylo možno určovat změny aberací. V podstatě se jednalo o jisté rozšíření postupů zavedených v první a druhé části práce na mimoosový svazek paprsků. Bylo snahou upravit formuláře tak, aby postup a způsob provádění výpočtu byl v obou případech stejný nebo aspoň hodně podobný. Stejně jako v případě osového svazku provedeme i nyní trigonometrický výpočet chodu paprsků soustavou. Provedeme výpočet pro tři charakteristické paprsky šikmého svazku. Z hodnot tohoto výpočtu pak určíme jednoduché a základní koeficienty. Podle vzorců, které budou dále uvedeny, lze provést analýsu vad soustavy. Opět se doporučuje po vypočtení tzv. aberačních koeficientů doplnit tabulku VII z druhé části práce. Tím získáme názornou pomůcku pro další postup při korigování. Někomu, zvláště zkušeným optickým konstruktérům, se bude zdát tato práce zbytečná, protože v případě tripletu mohou provádět korekce na základě svých několikaletých



Tabulka I

Plocha Změna vady	1	2	3	4	5	6
Otvorová vada						
$\frac{\partial \Delta x'}{\partial c_i}$	0,191046 -	0,764218 +	0,146325 -	0,104626 +	0,026421 -	0,055819 +
$\frac{\partial \Delta x'}{\partial n_i}$	0,694043 -	0,309791 -	1,073987 -	0,220874 +	0,095640 +	0,084919 -
$\frac{\partial \Delta x'}{\partial d_i}$		1,121776 -	14,553732 -	0,400989 -	0,045276 -	0,011046 +
Odehlyky od sinové podmínky						
$\frac{\partial \Delta y'}{\partial c_i}$	0,062756 +	0,574833 +	0,143299 -	0,115311 +	0,023332 -	0,211990 -
$\frac{\partial \Delta y'}{\partial n_i}$	0,809238 +	0,300137 -	1,028440 -	0,255207 +	0,102628 +	0,062189 -
$\frac{\partial \Delta y'}{\partial d_i}$		1,203072 -	8,719263 -	0,514698 -	0,097045 -	0,049267 -
Skreslení						
$\frac{\partial \Delta y'}{\partial c_i}$	0,014240 +	0,047677 -	0,007879 +	0,002949 -	0,018464 -	0,013550 +
$\frac{\partial \Delta y'}{\partial n_i}$	0,769552 +	0,418083 +	0,969106 +	0,155752 -	0,991109 +	0,321545 +
$\frac{\partial \Delta y'}{\partial d_i}$		0,210337 +	1,237816 +	0,073722 +	0,262987 -	0,121317 -



Tabulka II

	2	3	4	5
Provedená změna:	$dc_3 = 0,00303489 -$ $dc_5 = 0,0012608 +$	$\delta d_3 = 0.002 +$	$dc_5 = 0,0001767 +$	$dc_4 = 0,0131001 -$ $\delta d_4 = 0,00036 -$
				Koma
$d\Delta y'_i$	0,0000065 -	0,000038 +	0,0000001 -	0,0000268 -
$d\Delta y'_i$ trig.	0,000006 -	0,000505 -	0,000003 -	0,000025 -
				Zkreslení
$d\Delta y'$	0,0000472 -	0,0001474 +	0,0000033 -	0,0001333 +
$d\Delta y'$ trig.	0,0000396 -	0,0011639 -	0,0000061 -	0,0001278 +

Poznámka: Velká odchylka v některých případech (koma 3, 6; zkreslení 9) je zaviněna

Vztaž (32) dostaneme zřejmě, dosadíme-li výrazy pro změny souřadnic  $y'_{ab}$  a  $y'_p$  do

$$(33) \quad \Delta y'_i = y'_{ab} - y'_p.$$

Veličiny v závorce na pravé straně (32) určíme pomocí (18) a (19) a nazveme je opět aberačním koeficientem.

c) Barevné vady.

Při výpočtu barevných vad použijeme vzorců (27) a (28), které jen vynásobíme změnou střední disperse  $dP_h$ .

V tabulce I jsou výrazy pro určování barevných vad poněkud upraveny.<sup>4)</sup> Jelikož se jednalo o soustavu tří oddělených čoček, bylo možno výrazy takto upravit. Úpravu lze poměrně snadno provést, proto nebyla naznačena.

Při určování změn barevné vady velikosti použijeme koeficienty pro změny souřadnice  $y'_{p'}$  v závislosti na změnách indexu lomu.

Po sestavení tabulky aberačních koeficientů budeme postupovat stejně jak bylo naznačeno v druhé části práce. Opět je možno redukovat určitou vadu na předepsanou hodnotu anebo je možno dosáhnout kompromisu mezi hodnotami jednotlivých vad vhodně volenou kombinací změn konstrukčních parametrů. Důležité je, že doplněná tabulka nám dává přesnější informace o vlivu provedené změny. Je vhodné vynásobit aberační koeficienty pro změny křivosti na každé ploše veličinou  $-\frac{1}{r^2}$ , protože pojem křivost značně

<sup>4)</sup> Do vzorce pro změnu barevné vady byly dosazeny vztahy pro změny indexů lomu. Podmínky pro obě plochy byly sjednoceny tak, aby po vynásobení změnou střední disperse byl získán přírůstek vady. Úprava je zřejmá z rovnice (37) [1].

6	7	8	9	10
$dc_5 =$ $= 0,0101896+$	$\delta d_4 = 0,01036-$	$dc_5 =$ $= 0,0101896+$ $\delta d_4 =$ $= 0,01036-$	$\delta d_4 = 0,10036-$	$\delta d_4 =$ $= 0,04536-$
$0,000011-$ $0,000002-$	$0,000108+$ $0,000108+$	$0,000097+$ $0,000104+$	$0,001040+$ $0,001118+$	$0,000470+$ $0,000481+$
$0,0001882-$ $0,0001988-$	$0,0027245+$ $0,0029476+$	$0,0025363+$ $0,0026487+$	$0,026394+$ $0,042612+$	$0,011929+$ $0,014639+$

nesprávnými výsledky v dodaných trigonometrických výpočtech.

zkresluje názor o provedené změně poloměru. V tabulce I to provedeno nebylo, protože pro potřebu této práce je vhodnější, podle autorova názoru, budou-li v tabulce jen ta čísla, která je možno získat z výpočtových formulářů.

V připojené tabulce II je několik výsledků získaných při pokusech ovlivňovat vady. Přesněji řečeno nebylo úmyslem získat určitou vadu, ale výpočet byl proveden pro dříve zvolené změny parametrů. Těmito výsledky by bylo možno opět doplnit tabulku VIII v druhé části práce. Zde je vidět trochu větší odchylky než v případě změn otvorové vady. Chyby, obzvláště při malých hodnotách přírůstku vady, mohou být zaviněny již dříve vzpomenutým zanedbáním při odvození vzorců anebo zaokrouhlováním. Výpočet všech koeficientů byl prováděn na 7 desetinných míst, kdežto trigonometrické výpočty jen na šest míst. V některých případech lze po porovnání odchylek tvrdit, že dodaný trigonometrický výsledek je chybný.

## 5. ZÁVĚR

Uvedená metoda může značně usnadnit práci optického konstruktéra při korigování vad optické soustavy. Její výhody vyniknou právě při korigování složitějších optických soustav, kdy ani několikaleté zkušenosti z praxe nemusí být spolehlivým vodítkem při odstraňování vad. Tabulka aberačních koeficientů umožňuje do jisté míry systematický a cílevědomý postup, poněvadž je možno ihned odhadnout, bez výpočtu, jak se změní vady po provedení změny konstrukčních parametrů.

Je nutno zmínit se o použití indexů. Symboly  $i, j, k$  slouží vždy jen k označení pořadí ploch v soustavě. Přitom je symbolu  $i$  užito pro libovolnou plochu

soustavy, symbol  $j$  označuje plochu bezprostředně následující za  $i$ , tedy  $i + 1$  plochu a konečně symbol  $k$  se vztahuje na poslední plochu soustavy. Symboly  $a$ ,  $b$ ,  $p$  označují jednotlivé paprsky svazku, symboly  $ab$ ,  $p$  a  $pf$  se vztahují k souřadnicím význačných bodů.

V čitateli na levých stranách rovnic pro určování změn souřadnic význačných bodů byl vždy vynecháván index  $k$  (počínaje rovnicí 4), v rovnicích pro určování přírůstku vady byly vynechány tyto indexy i po dosazení na pravé straně (např. rovnice 31 a 32). Bylo tak učiněno proto, že výrazy se třemi indexy u veličin by byly nepřehledné. Index  $o$  se i tentokrát vztahoval k paraxiálnímu paprsku. Zásadně bylo užito indexů tak, že vždy první index označuje, o který paprsek se jedná a teprve druhý se vztahuje k ploše.

Případnému zájemci jsou k dispozici všechny známé podrobnosti o metodě.

*V závěru chci poděkovat p. prof. dr. F. NOŽIČKOVÍ za četné připomínky a neobyčejně ochotnou pomoc při provádění konečných úprav a recenze.*

#### Literatura

- [1] B. Nábělek: Diferenciální přechodové koeficienty a jejich použití při korigování optických soustav I a II. *Apl. matemat.* 1960, 225—237 a 282—295.
- [2] F. D. Cruickshank: *Proc. Phys. Soc. London* 57 (1945), p. 350, 362.

#### Резюме

### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ КОРРЕКЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ III

БОГУМИЛ НАБЕЛЕК (Bohumil Nábělek)

В работе содержатся формулы, касающиеся внеосевого пучка лучей. Их вывод большей частью схож с выводом формул в первой части работы, и поэтому проводится лишь в некоторых случаях. Приведенные в работе формулы применяются к составлению формул для изменений аберраций в зависимости от изменений конструктивных параметров. Теоретические рассуждения дополнены примерами и таблицей „коэффициентов аберрации“, которая содержит подробные информации о влиянии произведенных изменений конструктивных параметров на отдельные аберрации системы.

## Zusammenfassung

# DIFFERENTIAL-ÜBERGANGSKOEFFIZIENTEN UND IHRE ANWENDUNG FÜR DIE KORREKTUR OPTISCHER SYSTEME III

BOHUMIL NÁBĚLEK

Diese Arbeit enthält Formeln, welche für ein nicht axiales Strahlenbündel abgeleitet wurden. Ihre Ableitung ist grösstenteils dieselbe wie in der ersten Arbeit und ist deshalb nur in einigen Fällen angedeutet. Die angeführten Formeln werden zur Bestimmung von Ausdrücken für die Fehlerveränderung mit Rücksicht auf die Veränderungen der Konstruktionsparameter benutzt. Die theoretischen Überlegungen werden durch Beispiele und eine Tafel der „Aberrations-Koeffizienten“ ergänzt, welche ausführliche Informationen über den Einfluss der vorgenommenen Änderungen der Konstruktionsparameter auf einzelne Fehler des Systems enthält.