

# vojenský topografický obzor



vydává MNO

1

1962

## O B S A H

<b>Inž. podplukovník Vladimír Vahala:</b> Rozbor přesnosti fotogrammetrických a topografických originálů mapy 1:10 000 a topografických originálů 1:5 000 .....	3
<i>Recensent CSc. inž. Vladimír Krátký</i>	
<b>Inž. plukovník prof. dr. Josef Vykutíl:</b> Směrové pořady .....	18
<i>Recensent inž. podplukovník Václav Antoš</i>	
<b>Inž. major Vladimír Martinák:</b> Rozbor výsledků měření fázovými elektrooptickými dálkoměry s Kerrovým modulátorem a metodika ověřovacích měření .....	26
<i>Recensent inž. major Václav Horník</i>	
<b>Inž. podplukovník Jaroslav Severa:</b> Pohybové zákony setrvačnicků používaných v gyroteodolitech ..	35
<i>Recensent inž. podplukovník doc. Jan Švec</i>	
<b>Inž. podplukovník Jiří Lelek:</b> Vliv systematických chyb na určení polohy vzdušných cílů na planšetu ..	42
<i>Recensent inž. major Věnek Pavlica</i>	
<b>Inž. major Jiří Kánský:</b> Údržba topografických map měřítka 1:25 000 .....	49
<i>Recensent inž. major Julius Hauser</i>	
<b>Inž. podplukovník Karel Kosař, inž. Jaromír Ježek:</b> Suchý fototechnický materiál a jeho využití ve fotoreprodukci .....	57
<i>Recensent inž. Jiří Hejtmánek</i>	
<b>Inž. podplukovník CSc. Radim Kudělásek:</b> Elektronika pomáhá malé mechanizaci .....	75
<i>(překlad)</i>	

Zprávy technické knihovny VZÜ

---

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR. Vydává MNO. Řídí redakční rada. Inž. dr. Jan Klíma (předseda), doc. inž. dr. Bedřich Chrastil, prof. inž. dr. Josef Vykutíl, doc. inž. dr. Bohuslav Šimák, inž. Otakar Skoupý, inž. Zdeněk Cupal, inž. Jiří Kánský, inž. Bohumil Hanák, inž. Ludovít Frídrieh, inž. Vlad. Krátký (členové).

Redaktor inž. Josef Jeník. — Předplatné 4,— Kčs ročně.

Inženýr podplukovník Vladimír V a h a l a

## **Rozbor přesnosti fotogrammetrických a topografických originálů mapy 1:10 000 a topografických originálů 1:5 000**

### **1. Úvod**

Již pátý rok probíhá u Vojenského topografického ústavu mapování v měř. 1 : 10 000, a je proto účelné pro posouzení dosavadního způsobu prací zveřejnit rozbor přesnosti topografických originálů vycházejících z tohoto ústavu a současně s tím i rozbor přesnosti použitých metod, popřípadě podkladových mapových originálů. K tomuto rozboru potřebná polní měření a výpočty byly provedeny v letech 1958-1959 topografickým odborem VTOPÚ. Tyto práce byly uskutečněny tak, aby pomohly co možná nejvíce urychlit polní mapovací práce a aby současně umožnily stanovit kritéria přesnosti fotogrammetrického vyhodnocování v měřítku 1 : 10 000.

Hlavním úkolem těchto prací bylo posoudit fotogrammetrickou a topografickou přesnost univerzální metody, která má rozhodující význam pro mapování v měřítku 1 : 10 000, a pro metodu revize dřívějších měření stanovit přesnost mapy 1 : 5 000, které se nejčastěji používá jako podkladového materiálu nebo popřípadě ke kontrole mapových listů vyhotovených univerzální metodou.

### **2. a) Teoretický rozbor výškové přesnosti fotogrammetrického vyhodnocování**

Účelem této stati je ukázat rozbor fotogrammetrické přesnosti poněkud z jiné stránky, než se obvykle provádí. Jde především o praktické hledisko stanovení přesnosti hlavních úkonů prováděných při univerzální metodě ve fotogrammetrii. Chyby vzniklé při fotogrammetrickém vyhodnocování můžeme rozdělit z praktického hlediska na dvě hlavní skupiny:

1. na chyby vzniklé nepřesným měřením modelu,
2. chyby vzniklé nepřesným vytvořením modelu:
  - a) chyby vzniklé nedostatečně přesně provedenou vzájemnou orientací,
  - b) chyby vzniklé nedostatečně přesnou absolutní orientací,
  - c) chyby vzniklé nedostatečně přesným nastavením prvků vnitřní orientace u vyhodnocovacích komor,
  - d) chyby vzniklé nepravidelnou srážkou filmu.

*Ad 1.* Tyto chyby mohou být způsobeny různými vlivy, jako např. různým osvětlením nebo různým krytím a kontrastem negativů ve vyhodnocovacích komorách, osobními chybami vyhodnocovatele a zvláště rozlišovací schopností citlivé fotografické emulze spolu s rozlišovací

schopností objektivu, která udává vlastně přesnost, s jakou je možno v daném měřítku stereoskopické dvojice měřit paralaxové rozdíly (tj. určovat převýšení dvou bodů). Takto vzniklé chyby mají nahodilý charakter a určujeme je ze základního vztahu pro odvození fotogrammetrických výšek  $h = \frac{b}{p} f$ . Příslušný vztah má tvar  $m_h = \frac{h}{f} \frac{h}{b} m_p$ , kde  $h$  je výška letu,  $f$  konstanta komory,  $b$  fotogrammetrická základna a  $m_p$  je střední hodnota minimální stereoskopicky rozlišitelné paralaxy dané souhrnem snímkových, strojových a osobních dílčích vlivů,  $\frac{h}{f}$  je měřítkové číslo snímků a  $\frac{h}{b}$  převrácená hodnota základnového poměru, která pro normální snímky je rovna 3.

Pro snímky měřítku 1 : 13 000,  $f = 210$  mm a pro běžně používanou hodnotu

$$m_p = \pm 0,02 \text{ mm} \text{ bude výšková chyba } m_h = \pm 0,78 \text{ m.}$$

Protože však je známo z praxe i z literatury (např. Wolf: Photographische Grundlagen str. 71), že samotná přesnost stereoskopického nastavení značky u moderních strojů a filmů může mít hodnotu až poloviční, dále proto, že podle kontrolních měření průběh chyb zcela jasně ukazoval na značný systematický vliv a v neposlední řadě také proto, že při zkoumání přesnosti některých map bylo dosaženo lepších výsledků, byla celková chyba ve fotogrammetrickém vyhodnocování rozčleněna a chyba ve výšce vrstevnice odvozována na základě tohoto rozčlenění.

Především bylo nutno nějakým způsobem určit nahodilé chyby vzniklé nepřesným měřením. Způsob jejich určení mohl být různý, avšak vynesené chyby kontrolně zaměřených profilů ukázaly na možnost určit je z diferencí chyb dvou sousedních vrstevnic, které by byly považovány za měřickou dvojici. Takto byla určena střední velikost této nahodilé chyby  $m_n$  hodnotou  $\pm 0,32$  m, a to z rozpočtu 981 hodnot diferencí.

Ad 2. Z chyb druhé kategorie, jejichž charakter pro danou stereoskopickou dvojici je rázu systematického, je možno teoreticky určit chybu z absolutní orientace, na kterou má především vliv výše uvedená nahodilá chyba  $m_n$  a chyba ve výšce vřicovacího bodu  $m_v$ . Střední velikost teoreticky určené chyby v absolutní orientaci bude pro  $m_n = 0,32$  m,  $m_v = 0,25$  m

$$\gamma_a = \pm \sqrt{m_n^2 + m_v^2} = \pm 0,40 \text{ m.} \quad (1)$$

I když jsou známé vztahy pro určení chyby ve výšce vlivem nepřesné vzájemné orientace, odvodit střední velikost této chyby je dosti obtížné a závisí na postupu, jakým byla vzájemná orientace provedena. Obecné vyjádření těchto vztahů je uvedeno např. v [8]. Tyto vztahy není nutno v tomto článku uvádět, protože, jak bude vidět z dalšího pojednání, byla tato chyba spojena s ostatními vlivy a její střední hodnota odvozena empiricky.

Podobně je to s chybou vzniklou nedostatečně přesným nastavením prvků vnitřní orientace u vyhodnocovacích komor, která se navíc uplatní jen v silně kopcovitém terénu. Podrobná teorie těchto chyb je uvedena v práci inž. Krátkého: Příspěvek k teorii chyb vnitřní orientace, uveřejněné v Geodetickém a kartografickém sborníku 1958.

Chyby zaviněné nepravidelnou srážkou filmu nemůžeme určit bez speciálně prováděných zkoušek. Jsou-li tyto deformace většího rozsahu, potom ve většině případů zůstanou stereoskopické dvojice nevyhodnoceny. Menší deformace se však na stereoskopické dvojici vždy mohou vyskytovat. Proto je zcela oprávněn požadavek kvalitního negativního materiálu, který by nevykazoval větší nepravidelnou srážku.

Z výsledků měření je možno však určit střední hodnotu všech těchto tří zbytkových chyb dohromady, tj. chyby z nepřesně provedené vzájemné orientace, chyby z nedostatečně přesného nastavení prvků vnitřní orientace vyhodnocovacích komor a chyby z nepravidelné srážky filmu, a nazvat ji chybou z deformace stereomodelu. Označíme-li střední hodnotu nahodilé složky fotogrammetrické výškové chyby  $m_n$  střední hodnotu chyby z absolutní orienta-

ce  $\gamma_a$  a střední hodnotu chyby z deformace  $\gamma_d$ , bude výsledná střední hodnota chyby ve fotogrammetrické výšce dána vztahem

$$m_h = \pm \sqrt{m_n^2 + \gamma_a^2 + \gamma_d^2} . \quad (2)$$

Protože hodnotu  $m_h$  můžeme určit prakticky zaměřením kontrolních profilů jako první člen Koppeho rovnice, vypočteme zbývající neznámou střední hodnotu chyby z deformace podle vzorce

$$\gamma_d = \pm \sqrt{m_h^2 - (m_n^2 + \gamma_a^2)} . \quad (3)$$

Použijeme-li za  $m_h$  hodnotu 0,67 m vypočtenou při zkoušce přesnosti mapy M-33-100-A-b-2 z 981 hodnot výškových chyb, za  $\gamma_a$  hodnotu 0,50 m (která byla prakticky ve VTOPÚ používána), pak střední hodnota chyby z deformace  $\gamma_d$  bude mít velikost  $\pm 0,31$  m.

Při zkoušce výše uvedené mapy byla rovněž stanovena situační přesnost fotogrammetrického originálu hodnotou  $\pm 2,04$  m.

Za předpokladu, že použijeme za  $m_n$ ,  $\gamma_a$  a  $\gamma_d$  hodnot v předešlém odstavci odvozených ( $m_n = \pm 0,32$  m,  $\gamma_a = \pm 0,40$  m,  $\gamma_d = \pm 0,31$  m), je možno již objektivněji stanovit Koppeho rovnici pro přesnost vrstevnic, jaké je možno dosáhnout při fotogrammetrickém vyhodnocování na normálních stereoskopických dvojicích

$$m_h = \pm (0,60 + 2,0 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m}$$

#### Očekávaná přesnost topografických originálů

Nejnovější kritéria přesnosti tachymetrické mapovací metody v měřítku 1 : 10 000 odvodil inž. dr Karel Kučera z VÚGK v Praze [5]. Ten používá jako kritéria vesměs rovnice Raabovy:

$$m_h = \pm \sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} ,$$

kdežto v naší praxi používáme většinou rovnice Koppeho. Z rozboru celého souboru chyb námi získaného můžeme udělat závěr, že průběh Raabovy rovnice ještě méně odpovídá skutečnému průběhu chybových elementů než průběh rovnice Koppeho. Je to celkem pochopitelné, protože se zde přece jen projevuje ve značné míře vliv fotogrammetrického základu topografického originálu. Tato skutečnost byla potvrzena rozbořem přesností map 1 : 25 000, při němž se ukázalo, že přesnost fotogrammetricky vyhodnocených map necharakterizuje správně ani rovnice Koppeho, ani rovnice Raabova. Abychom mohli provést srovnání, uvádíme zde kritéria odvozená inž. Kučerou ve tvaru rovnic Raabových a rovněž tak námi určené hodnoty jim odpovídajících rovnic Koppeho (srovnáním grafického znázornění průběhu obou rovnic).

Pro terén nepokrytý mají rovnice tento tvar:

Raabova:  $m_h = \pm \sqrt{0,72^2 + (4,2 \operatorname{tg} \alpha)^2} \text{ m} ,$

Koppeho:  $m_h = \pm (0,61 + 2,8 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m} ,$

a pro terén zalesněný:

$$m_h = \pm \sqrt{0,96^2 + (5,5 \operatorname{tg} \alpha)^2} \text{ m} ,$$

$$m_h = \pm (0,79 + 3,7 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m} .$$

Mapy 1 : 5 000, jejichž přesnost byla zjišťována, byly zhotoveny číselnou metodou a kritéria jejich výškové přesnosti vrstevnic jsou převzata rovněž z práce dr Kučery.

Pro terén nepokrytý mají rovnice tento tvar:

Raabova:  $m_h = \pm \sqrt{0,32^2 + (2,2 \operatorname{tg} \alpha)^2} \text{ m} ,$

Koppeho:  $m_h = \pm (0,29 + 1,5 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m} ,$

a pro terén zalesněný:

$$m_h = \pm \sqrt{0,49^2 + (4,2 \operatorname{tg} \alpha)^2} \text{ m} ,$$

$$m_h = \pm (0,33 + 3,3 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m} .$$

### 3. Metody zkoumání přesnosti map a způsob provedení polních měřických prací

Nejužívanější metodou k provedení zkoušky přesnosti map je polní zaměřování kontrolních bodů pro stanovení bodové přesnosti situační i výškové a polní zaměřování kontrolních profilů pro odvození chyby ve výšce vrstevnice. Je však nutné, aby polní měření byla provedena s přesností asi třikrát až čtyřikrát větší, než je očekávaná přesnost dané mapy, aby odvozené chyby mohly být považovány za chyby skutečné.

V poslední době byly v NSR navrženy nové metody zkoumání přesnosti vrstevnic založené na určování polohové chyby vrstevnic na rozdíl od zkoumání výškové chyby vrstevnic u nás. Z prvních diferencí situačních chyb v určitých stejných úsecích vrstevnice určuje se potom chyba ve směru vrstevnice a z druhých diferencí se určuje chyba v zakřivení vrstevnice. Z polohových chyb vrstevnic ve směru spádnic se odvozuje chyba ve sklonu terénu a chyba v zakřivení terénu ve směru spádnic. Ačkoli převod chyby ve výšce vrstevnice na polohovou chybu vrstevnice je velmi jednoduchý ( $m_n = b + a \cot \alpha$ ), není dosud dostatek příkladů pro posouzení přesnosti podle ostatních kritérií [1]. Pro tento způsob bylo by možno s výhodou použít metody srovnání s mapou měřítka 1 : 2 000 - 1 : 3 000 se zaměřeným terénním reliéfem.

Výchozím podkladem pro stanovení nutné přesnosti polních měřických prací byla očekávaná teoretická přesnost mapy 1 : 5 000. Protože zde nelze očekávat větší situační přesnost než  $\pm 1$  m a výškovou přesnost okolo 0,30 m, je postačující, aby měřické práce byly provedeny se situační přesností  $\pm 0,25$  m a s výškovou přesností  $\pm 0,08$  m. Požadování větší výškové přesnosti by nebylo ani účelné, protože terén zvláště v obdělávaných oblastech vykazuje dosti značnou výškovou pohyblivost.

Aby bylo možno provést měřické práce se stanovenou přesností, bylo nutno zjistit centrální prvky měřických signálů, kterých bylo použito pro určení navazovacích bodů a navazovací body s ohledem na stav a signalizaci trigonometrické sítě, byly měřeny theodolitem Wild T-3, stanoviště stroje a lomové body profilů trojpodstavcovou soupravou s theodolitem Wild T-2 a podrobné body profilů s autoredukčním tacheometrem Redta.

Navazovací body (počáteční a koncový bod profilu) byly buď body trigonometrické a nebo body určené protínáním. Profily byly měřeny ve volném terénu tím způsobem, že s průměrnou vzdáleností 150-200 m byla určována stanoviště paralakticky pomocí dvoumetrových vodorovných latí a do poloviny těchto vzdáleností byly podrobné body profilu měřeny tacheometrem Redta, takže střední bod byl vždy kontrolní. Součet jeho vzdáleností od obou stanovišť byl kontrolou délky měřené mezi nimi paralakticky. Rovněž tak součet jeho převýšení byl kontrolou převýšení mezi stanovišti. V některých případech s ohledem na organizaci práce byly přímé profily zaměřeny pouze tacheometrem Redta a dodatečně ověřena stanoviště trojpodstavcovou soupravou. V tomto případě byly mezi stanovišti voleny dva kontrolní body.

Tyto polní měřické práce bylo nutno provádět proto tak pečlivě, že mnozí pracovníci, kteří je prováděli, účastnili se geodetických prací poprvé a všechny výpočty byly prováděny až po jejich ukončení. Jen díky této pečlivé práci bylo možno všech naměřených výsledků použít ke zpracování.

#### 4. a) Výpočetní práce

Po návratu z polních prací byly provedeny výpočty navazovacích bodů a profilů. Byla porovnána přesnost určení s danými předpoklady a bylo rozhodnuto ponechat všechna měření jako vyhovující.

Profily jsou vypočteny přímo v polním zápisníku, přičemž podrobné body jsou průběžně očíslovány. Na konci každého profilu jsou uvedeny odchylky délkové a výškové u profilů přímých a odchylky směrové, souřadnicové a výškové u profilů lomených. Podrobné body profilů jsou určeny ještě souřadnicemi.

Hodnota střední chyby navazovacích bodů v situaci

$$m_s' = \pm 0,03 \text{ m a ve výšce } m_h' = \pm 0,02 \text{ m.}$$

Chyby v délkových i výškových uzávěrech profilů jsou již závislé na chybách navazovacích bodů. Za předpokladu, že po vyrovnání zůstane největší chyba uprostřed profilu, je pravděpodobné, že nepřesáhne polovinu odchylky zjištěné na konci profilu. Střední délková chyba očekávaná uprostřed profilu  $m_a'' = \pm 0,07$  m a střední výšková chyba očekávaná v převýšení uprostřed profilu  $m_h'' = \pm 0,03$  m. Vezme-li se v úvahu i nepříznivý případ, že obojí chyby  $m_a'$  a  $m_h'$  (a  $m_i''$ ) budou působit ve stejném smyslu, bude jak situační, tak i výšková přesnost v dopustných mezích dříve stanovených, a proto mohou být měřické výsledky považovány za skutečné veličiny vůči výsledkům zjištěným z fotogrammetrických a topografických originálů.

$$m_a = \pm \sqrt{m_a'^2 + m_a''^2} = \pm 0,08 \text{ (stanovená: } \pm 0,25 \text{ m)}$$

$$m_h = \pm \sqrt{m_h'^2 + m_h''^2} = \pm 0,04 \text{ (stanovená: } \pm 0,08 \text{ m)}$$

Tyto naměřené profily budeme dále nazývat geodetickými.

b) *Odměření profilů fotogrammetrických a topografických 1 : 10 000 a topografických 1 : 5 000*

Do zajištěných kopií originálů byly na koordinátografu vyneseny všechny body navazovací u všech profilů a body polygonové u profilů lomených. Předem však bylo nutno zjistit srážku těchto zajištěných kopií originálů. Protože tato srážka nebyla pravidelná, byly vypočteny pro jednotlivé km<sup>2</sup> koeficienty  $K_x$  a  $K_y$  k vynášení souřadnic do mapy.

$$K_x = \frac{S_x'}{1\,000} \qquad K_y = \frac{S_y'}{1\,000}$$

$S_x'$ ,  $S_y'$  jsou průměry z obou vzdáleností průsečíků kilometrových čar ve směru osy X a ve směru osy Y. Těmito koeficienty byly vynásobeny zbytky souřadnic za celými kilometry a podle těchto redukovанных souřadnic byly vyneseny body vždy od jihozápadního rohu daného kilometru do zajištěné kopie originálu.

Profily byly pak určeny tím způsobem, že na koordinátografu byly odměřeny vzdálenosti průsečíků jednotlivých vrstevnic s čarou profilu od počátečního bodu profilu, a to vždy ve stejném směru jako byl měřený profil. Pro každý profil popřípadě část profilu od jednoho lomového bodu k druhému byly vypočteny koeficienty  $K = \frac{S}{S'}$ , kde S je geodeticky určená délka profilu a S' je délka odměřená ze zajištěné kopie originálu. Těmito koeficienty byly vynásobeny všechny odměřené vzdálenosti, aby se tím odstranil vliv srážky.

Na milimetrový papír byly nejdříve vyneseny profily geodetické a pak postupně profily fotogrammetrické 1 : 10 000, topografické 1 : 10 000 a topografické 1 : 5 000, a to délky v měřítku 1 : 1 000 a výšky v měřítku 1 : 100. Tato volba měřítek umožnila přímé vynášení všech bodů bez použití koordinátografu a dodržení stanovené přesnosti, jakož i dostatečnou názornost pro posouzení průběhu jednotlivých druhů profilů. Při vynášení profilů fotogrammetrických a topografických byly současně odměřovány skutečné odchylky ( $\varepsilon_h$ ) jednotlivých druhů profilů v místech vrstevnic od profilu geodetického a určován sklon terénu v těchto místech pomocí sklonového měřítka na průsvitné hmotě. Jednotlivé druhy profilů byly potom vytaženy různými barvami, aby mohl být jejich průběh posuzován jednotlivě i v celku.

c) *Výpočet Koppeho rovnice pro zjištění chyby ve výšce vrstevnice*

Získané odchylky  $\varepsilon_h$  byly sestaveny do skupin podle úhlu sklonu terénu, a to zvlášť pro terén holý a zvlášť pro terén zalesněný a pro celkovou přesnost, a to pro každý druh kontrolovaných prací. V každé skupině byla vypočtena střední chyba

$$m_l = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon_h \varepsilon_h]}{n}}$$

a celkový počet odchylek  $n$ , které představovaly váhu každé skupiny ( $p$ ).

Úkolem bylo nyní určit závislost chyby ve výšce vrstevnice na sklonu terénu rovnici tvaru Koppeho:

$$m_h = \pm (a + b \operatorname{tg} \alpha)$$

a hodnoty konstant rovnice stanovit vyrovnáním podle pozorování zprostředkujících. Rovnice oprav v jednotlivých skupinách budou

$$v_i = (a + b \operatorname{tg} \alpha_i) - m_i = f_i(a, b) + L_i, \quad (4)$$

kde  $L_i$  je záporně vzatá střední chyba ( $-m_i$ ) v jednotlivých skupinách.

Podmínka vyrovnání:  $[p v v] = \min$ .

Označíme-li koeficienty při  $a$  jako  $A_i$  a při  $b$  jako  $B_i$ , dostaneme rovnice oprav v tomto tvaru:

$$v_i = A_i a + B_i b + L_i \quad (5)$$

Má-li být splněna podmínka vyrovnání  $[p v v] = \min$ , je nutno, aby byly splněny tyto rovnice:

$$p_1 v_1 \frac{\partial v_1}{\partial a} + \dots + p_n v_n \frac{\partial v_n}{\partial a} = 0 \quad (6)$$

$$p_1 v_1 \frac{\partial v_1}{\partial b} + \dots + p_n v_n \frac{\partial v_n}{\partial b} = 0$$

Protože  $\frac{\partial v_i}{\partial a} = A_i$  a  $\frac{\partial v_i}{\partial b} = B_i$ , dostaneme rovnice oprav v původním tvaru:

$$[p A v] = 0 \quad (7)$$

$$[p B v] = 0$$

Po dosazení a úpravě dostaneme rovnice normální:

$$[p A A] a + [p A B] b + [p A L] = 0 \quad (8)$$

$$[p A B] a + [p B B] b + [p B L] = 0$$

Provedeme-li řešení determinantem, obdržíme:

$$a = \frac{[p B L] [p B A] - [p A L] [p B B]}{[p A A] [p B B] - [p A B] [p A B]} \quad (9)$$

$$b = - \frac{[p A L] + [p A A] a}{[p A B]} = - \frac{[p B L] + [p A B] a}{[p B B]}$$

Kontrolou správného výpočtu budou rovnice (7). Protože

$$A_i = 1, \text{ bude } [p v] = 0.$$

Váhy vyrovnaných veličin stanoví tyto výrazy:

$$p_b = \frac{[p A A] [p B B] - [p A B] [p A B]}{[p A A]} \quad (10)$$

$$p_a = p_b \frac{[p A A]}{[p B B]}$$

Jednotková střední chyba

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[p v v]}{n-2}} \quad (11)$$

Střední chyby  $m_a$  a  $m_b$  vyrovnávaných veličin budou:

$$m_b = \frac{m_0}{\sqrt{p_b}} \quad (12)$$

$$m_a = m_b \sqrt{\frac{p_{B B}}{p_{A A}}}$$



d) Výpočet Raabovy rovnice.

Výpočet Raabovy rovnice  $m_i = \pm \sqrt{a^2 + (b \operatorname{tg} \alpha)^2}$  je složitější a zdlouhavější. Sestavení odchylek do skupin podle úhlu sklonu a výpočet středních chyb ve skupinách se provádí stejně jako při výpočtu Koppeho rovnice.

Rovnice oprav:

$$v_i = \sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_i^2} - m_i = f_i(a, b) - m_i \quad (13)$$

Ze středních chyb ve dvou skupinách máme možnost si vypočítat přibližné hodnoty  $a_0$  a  $b_0$ . Vyrovnané hodnoty pak budou

$$\begin{aligned} a &= a_0 + da, \\ b &= b_0 + db, \end{aligned} \quad (14)$$

kde  $da$  a  $db$  jsou přírůstky stanovené vyrovnáním podle pozorování zprostředkujících. Potom rovnice oprav bude

$$\begin{aligned} v_i &= f_i(a_0 + da, b_0 + db) - m_i = \\ &= f_i(a_0, b_0) + \frac{\partial f_i}{\partial a} da + \frac{\partial f_i}{\partial b} db - m_i \end{aligned} \quad (15)$$

Označíme:

$$\frac{\partial f_i}{\partial a} = A_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial b} = B_i, \quad f_i(a_0, b_0) - m_i = L_i \quad (16)$$

$$v_i = A_i da + B_i db + L_i$$

$$A_i = \frac{\partial f_i}{\partial a} = \frac{\partial \sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_i}}{\partial a} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_i}} \quad (17)$$

$$B_i = \frac{\partial f_i}{\partial b} = \frac{\partial \sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_i}}{\partial b} = \frac{b \operatorname{tg}^2 \alpha_i}{\sqrt{a^2 + b^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_i}}$$

Pro výpočet koeficientů  $A$  a  $B$  použijeme přibližných hodnot  $a_0$  a  $b_0$ , které vypočteme ze středních chyb ve dvou skupinách (např.  $1^\circ$  a  $10^\circ$ ):

$$m_1 = \sqrt{a_0^2 + b_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_1}$$

$$m_2 = \sqrt{a_0^2 + b_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_2}$$

Z těchto rovnic vypočteme  $a_0$  a  $b_0$  podle vzorců

$$b_0 = \sqrt{\frac{m_2^2 - m_1^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_2 - \operatorname{tg}^2 \alpha_1}} \quad (18)$$

$$a_0 = \sqrt{m_2^2 - b_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_2}$$

Další výpočet se provádí stejně jako u výpočtu rovnice Koppeho podle rovnic (7) – (12).

Zde však je nutno připomenout, že v tom případě, kdyby koeficienty  $a_0$  a  $b_0$  byly vypočteny velmi přibližně a po vyrovnání by byly  $da$  a  $db$  velké, je nutno celý výpočet opakovat a za  $a_0$  a  $b_0$  použít nově vyrovnaných hodnot.

e) Situační a výšková přesnost jednotlivých bodů

Zjišťování středních chyb v souřadnicích, v poloze a ve výšce jednotlivých bodů bylo provedeno pouze na fotogrammetrickém originálu. Na topografickém originálu již tato přesnost nebyla zjišťována protože většina těchto bodů se zde již vlivem generalizace neobjevila.

Za tím účelem byly ze zajištěné kopie fotogrammetrického originálu odměřeny v každém  $\text{km}^2$  zvláště souřadnice nacházejících se tam kontrolních bodů a vynásobeny koeficienty  $k_x$  a  $k_y$  ze srážky:

$$\left( k_x = \frac{1000}{S_x}, \quad k_y = \frac{1000}{S_y} \right).$$

Skutečné odchylky souřadnic:

$$\varepsilon_x' = Y - Y'$$

$$\varepsilon_y' = X - X'$$

$X, Y$  jsou souřadnice kontrolních bodů získané geodeticky,

$X', Y'$  jsou souřadnice získané fotogrammetricky.

V odchylkách však mohly zůstat určité systematické vlivy zaviněné nedostatečně přesně provedenou orientací originálu na koordinátografu při odečítání souřadnic, popřípadě nedostatečně přesným určením srážky apod.

Skutečné odchylky zbavené systematického vlivu  $\varepsilon_x, \varepsilon_y$  obdržíme Helmertovou transformací, při níž je splněna podmínka, aby  $[vv] = \min$ .

Třináct z těchto osmdesáti kontrolních bodů bylo fotogrammetrickými kótami, takže jejich výšky byly známy, u ostatních bodů byly určeny interpolací. Skutečné výškové odchylky jsou:

$$\varepsilon_h = H - H', \quad (19)$$

kde  $H$  je výška určená geodeticky a  $H'$  je určená fotogrammetricky.

Střední chyby v souřadnicích a ve výšce bodu byly určeny podle vzorce

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon\varepsilon]}{n}} \quad (20)$$

a střední chyba v poloze bodu:

$$m_p = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

Střední chyba ve výšce byla také vypočtena zvlášť pro fotogrammetrické kóty.

#### f) Ostatní grafické práce

Pro posouzení nahodilých a systematických vlivů a průběhu chybových ploch byly vyneseny chyby jednotlivých profilů na milimetrový papír.

#### g) Statistické údaje

Pro výpočet přesnosti fotogrammetrické a topografické bylo použito 46 km zaměřených kontrolních profilů a z nich pro přesnost mapy 1 : 5 000 bylo použito 23 km profilů.

Z toho bylo získáno pro výpočet celkové fotogrammetrické přesnosti 1371 hodnot odchylek vrstevnic, pro výpočet celkové topografické přesnosti 1921 hodnot a pro výpočet přesnosti mapy 1 : 5 000 získáno 1922 hodnot.

Pro výpočet situační přesnosti bylo zaměřeno 80 kontrolních bodů.

Do výsledných výpočtů bylo použito všech měření.

### 5. Výsledky a jejich rozbor

#### a) Situační přesnost fotogrammetrických originálů

Z celkového počtu osmdesáti bodů byly určeny tyto střední chyby:

$$m_x' = \pm 1,50 \text{ m}, \quad m_y' = \pm 1,42 \text{ m}, \quad m_s' = \pm 2,07 \text{ m}$$

a po vyloučení systematického vlivu

$$m_x = \pm 1,48 \text{ m}, \quad m_y = \pm 1,40 \text{ m}, \quad m_s = \pm 2,04 \text{ m}.$$

Porovnáme-li  $m_x', m_y'$  a  $m_x, m_y$ , vidíme, že jsou prakticky stejné.

Budeme-li uvažovat běžně používanou grafickou přesnost v hodnotě 0,2 mm, vidíme, že dosažené výsledky jsou právě na hranici této grafické přesnosti. K výpočtu bylo použito všech výsledků, protože žádná z určených situačních chyb nepřesáhla 2,5násobek střední chyby.

#### b) Výšková přesnost jednotlivých bodů na fotogrammetrických originálech

Z určených 80 kontrolních bodů bylo 13 fotogrammetrických kót, výšky ostatních bodů byly získány interpolací mezi vrstevnicemi.

Střední chyba fotogrammetrických kót je = 74 m a střední chyba bodů získaných z interpolace = 0,73 m. Provedeme-li pouze hrubý rozbor celého tohoto souboru výškových chyb, projevuje se v něm systematická chyba v hodnotě + 0,30 m. Je rovněž zajímavé, že tato střední chyba ve výšce bodu odpovídá střední chybě ve výšce vrstevnice, jestliže se nevezme v úvahu vliv sklonu. Její hodnota vypočtená z 571 odchylek vrstevnic je = 0,73 m. Z těchto vypočtených středních chyb tedy vyplývá, že není nutno nějak zvlášť posuzovat přesnost fotogrammetrických kót, poněvadž tato přesnost odpovídá celkové výškové přesnosti fotogrammetrického vyhodnocování.

### c) Výšková přesnost vrstevnic

Celkem byly přezkušovány 4 mapy 1 : 10 000, a to 3 v prostoru Sušice a 1 v prostoru Horažďovic, Mapy 1 : 5 000 byly pouze v prostoru Sušice. Následující výsledky uvedené v metrech ukazují přesnost vrstevnic v obou těchto prostorech zvlášť, a to jak pro terén nepokrytý, tak i zalesněný a nakonec výslednou přesnost. U každé rovnice charakterizující přesnost ve výšce vrstevnice jsou uvedeny střední chyby uvedených koeficientů rovnic a celkový počet odchylek, z nichž byly tyto koeficienty vyrovnáním určeny.

#### A. Přesnost fotogrammetrických originálů 1 : 10 000

##### 1. Terén nepokrytý:

a) Prostor Sušice	$(0,91 \pm 0,05) + (1,3 \pm 0,4) \operatorname{tg} \alpha$	(601)
b) Prostor Horažďovic	$(0,67 \pm 0,03) + (0,6 \pm 0,3) \operatorname{tg} \alpha$	(525)
c) Celková přesnost	$(0,79 \pm 0,04) + (1,1 \pm 0,4) \operatorname{tg} \alpha$	(1126)

##### 2. Terén zalesněný:

a) Prostor Sušice	$(1,26 \pm 0,16) + (1,2 \pm 1,1) \operatorname{tg} \alpha$	(199)
b) Prostor Horažďovic	$(0,20 \pm 0,18) + (5,6 \pm 1,2) \operatorname{tg} \alpha$	(46)
c) Celková přesnost	$(1,09 \pm 0,14) + (2,0 \pm 0,9) \operatorname{tg} \alpha$	(245)

##### 3. Výsledná přesnost:

a) Prostor Sušice	$(0,93 \pm 0,05) + (2,0 \pm 0,5) \operatorname{tg} \alpha$	(800)
b) Prostor Horažďovic	$(0,73 \pm 0,03) + (0,1 \pm 0,1) \operatorname{tg} \alpha$	(571)
c) Celková přesnost	$(0,78 \pm 0,04) + (2,2 \pm 0,3) \operatorname{tg} \alpha$	(1371)
	$\sqrt{(0,89 \pm 0,03)^2 + (3,9 \pm 0,4)^2} \operatorname{tg}^2 \alpha$	(1371)

#### B. Přesnost topografických originálů 1 : 10 000

##### 1. Terén nepokrytý:

a) Prostor Sušice	$(0,65 \pm 0,05) + (1,7 \pm 0,4) \operatorname{tg} \alpha$	(706)
b) Prostor Horažďovic	$(0,66 \pm 0,04) + (0,0 \pm 0,3) \operatorname{tg} \alpha$	(667)
c) Celková přesnost	$(0,64 \pm 0,04) + (1,2 \pm 0,3) \operatorname{tg} \alpha$	(1373)

##### 2. Terén zalesněný:

a) Prostor Sušice	$(0,73 \pm 0,10) + (1,7 \pm 0,8) \operatorname{tg} \alpha$	(480)
b) Prostor Horažďovic	$(0,47 \pm 0,14) + (3,1 \pm 0,9) \operatorname{tg} \alpha$	(68)
c) Celková přesnost	$(0,66 \pm 0,09) + (2,3 \pm 0,7) \operatorname{tg} \alpha$	(548)

##### 3. Výsledná přesnost:

a) Prostor Sušice	$(0,67 \pm 0,06) + (1,9 \pm 0,5) \operatorname{tg} \alpha$	(1186)
b) Prostor Horažďovic	$(0,60 \pm 0,04) + (1,1 \pm 0,3) \operatorname{tg} \alpha$	(735)
c) Celková přesnost	$(0,65 \pm 0,04) + (1,6 \pm 0,3) \operatorname{tg} \alpha$	(1921)
	$\sqrt{(0,73 \pm 0,03)^2 + (2,9 \pm 0,4)^2} \operatorname{tg}^2 \alpha$	(1921)

### C. Přesnost topografických originálů 1 : 5 000

1. Terén nepokrytý	$(0,40 \pm 0,03) + (1,1 \pm 0,3) \operatorname{tg} \alpha$	(1258)
2. Terén zalesněný	$(0,55 \pm 0,09) + (0,4 \pm 0,6) \operatorname{tg} \alpha$	(734)
3. Celková přesnost	$(0,46 \pm 0,02) + (0,9 \pm 0,1) \operatorname{tg} \alpha$	(1992)
	$\sqrt{(0,51 \pm 0,03)^2 + (1,8 \pm 0,3)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}$	(1992)

Všechny rovnice byly získány samostatným vyrovnáním, ze všech naměřených hodnot.

Střední chyby vyrovnaných koeficientů rovnic a počet odchylek, z nichž byly tyto koeficienty vyrovnáním získány, dávají nám představu o hodnotě těchto rovnic.

Z posouzení vidíme, že především rovnice A2b) a B2b) mají velmi malou váhu a z jejich výsledků nelze vyvozovat nějaké přesné závěry. Všeobecně k rovnicím zalesněného terénu můžeme říci, že rozptyl určujících elementů a tím i střední chyba vyrovnaných koeficientů je dvakrát až třikrát větší než u terénu nepokrytého. V tom se projevuje v plné míře vliv porostu.

Celkem můžeme konstatovat, že pouze při fotogrammetrickém vyhodnocování se liší od sebe podstatně přesnost prostoru sušického a horažďovického, a to přibližně o 0,20m. Horažďovický prostor byl vyhodnocován později, vykazoval menší sklony a kvalita vyhodnocovatelů byla zde pravděpodobně lepší. Topografická přesnost vykazuje již výsledky homogenní.

Porovnejme nyní dosažené výsledky s předpokládanými hodnotami.

Celková výsledná přesnost fotogrammetrického originálu

$$m_h = \pm (0,78 + 2,2 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

Teoretická přesnost fotogrammetrického vyhodnocování odvozená v kapitole 2 A:

$$m_h = \pm (0,60 + 2,0 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m.}$$

Celkově dosažené výsledky jsou tedy horší, avšak dosažená přesnost horažďovického prostoru:

$$m_h = \pm (0,67 + 0,6 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m}$$

ukazuje, že je možno při větší pečlivosti práce a za předpokladu kvalitního negativního materiálu dosáhnout i vyšší přesnosti.

Kritéria přesnosti pro topografický originál 1 : 10 000 uvedené v kapitole 2 B jsou:

$$m_h = \pm (0,61 + 2,8 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén otevřený a}$$

$$m_h = \pm (0,79 + 3,7 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén zalesněný.}$$

Dosažené výsledky:

$$m_h = \pm (0,64 + 1,2 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén otevřený,}$$

$$m_h = \pm (0,66 + 2,3 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén zalesněný a}$$

$$m_h = \pm (0,65 + 1,6 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro celkovou topografickou přesnost.}$$

Ze srovnání obou výsledků vidíme, že naše výsledky jsou rovnocenné, v lesních prostorech dokonce lepší, ačkoli v tomto případě jde pouze o topografickou úpravu univerzální metody na rozdíl od tachymetrické mapovací metody odvozených kritérií.

Kritéria přesnosti pro mapu 1 : 5 000 uvedená v kapitole 2 C jsou:

$$m_h = \pm (0,29 + 1,5 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén nepokrytý a}$$

$$m_h = \pm (0,33 + 3,3 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén zalesněný.}$$

Dosažené výsledky:

$$m_h = \pm (0,40 + 1,1 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén nepokrytý,}$$

$$m_h = \pm (0,55 + 0,4 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro terén zalesněný a}$$

$$m_h = \pm (0,46 + 0,9 \operatorname{tg} \alpha) \text{ m pro celkovou přesnost.}$$

Z výsledků je vidět, že přesnost zkoumaných topografických originálů mapy 1 : 5 000 nedosahuje vždy v celém rozsahu uvedených kritérii, avšak z našeho hlediska, kdy používáme mapy 1 : 5 000 jako podkladového materiálu pro zhotovení mapy 1 : 10 000 metodou revize dřívějších měření a pro kontrolu již vyhotovených map 1 : 10 000 jinou metodou, můžeme udělat závěr, že se pro tyto účely mapa dobře hodí. Porovnáme-li tyto výsledky s výsledky, kterých bylo dosaženo při zhotovení mapy 1 : 5 000 univerzální metodou v NSR ( $0,40 + 1,8 \operatorname{tg}\alpha$ ), vidíme, že jsou si rovnocenné. [3]

Při porovnávání grafického znázornění těchto rovnic a vynesení určujících elementů bylo vidět, že správnému určení závislosti přesnosti vrstevnic na úhlu sklonu terénu neodpovídala v rozsahu zkoumaného souboru zcela ani rovnice Koppeho, ani rovnice Raabova. Projevilo se to především při fotogrammetrické přesnosti 1 : 10 000 a při přesnosti mapy 1 : 5 000. Kvadratická funkce tvaru

$$m_h = a + bx + cx^2 \quad (x = \operatorname{tg}\alpha) \text{ anebo funkce tvaru } m_h = a + b \sqrt{\operatorname{tg}\alpha}$$

by pravděpodobně lépe odpovídala průběhu chyb v závislosti na úhlu sklonu terénu.

Pouze při topografické přesnosti by tyto rovnice odpovídaly skutečnému průběhu chyb. Vysvětlení můžeme hledat v tom, že ve větších sklonech je jak univerzální, tak i číselná metoda přesnější nežli metoda stolová, pro niž původně jak rovnice Koppeho, tak i Raabova byly odvozeny.

Některé odvozené rovnice uvedené v celkovém přehledu výsledků nemají velkou váhu, protože byly vypočteny z malé četnosti chyb, kdy rovněž grafické znázornění ukazovalo na velký rozptyl určujících elementů, takže výpočet Koppeho rovnice neměl v těchto případech někdy ani své opodstatnění. Poměrně velké střední chyby vyrovnaných veličin jsou toho zřetelným dokladem. Je to především u přesnosti v zalesněném terénu.

## 6. Závěr

V závěru rozboru bylo především nutné vyvodit důsledky, které z něho vyplynuly pro fotogrammetrické a topografické práce. I když jsme mohli správně konstatovat, že přesnost zkoumaných fotogrammetrických i topografických originálů je dobrá a vyhovuje požadavkům směrnic pro mapování v měřítku 1 : 10 000 a předčí i přesnost map zhotovených univerzální metodou v zahraničí, nebylo by však účelné nevyvodit z provedených závěrů a rozborů potřebná poučení.

Všimněme si nejdříve závěrů vyplývajících pro fotogrammetrické vyhodnocování.

Při prohlížení chyb kontrolních profilů ukázal se zcela jasně značný vliv systematický, který ovlivnil výsledky mnohem více nežli vliv chyb nahodilých. Velmi časté byly případy, že chyby jednotlivých profilů měly všechna znaménka buď kladná nebo záporná a někdy byly docela malé velikosti. To by ukazovalo na to, že bychom mohli dosáhnout větší přesnosti než udává vypočtená Koppeho rovnice pro celkovou přesnost fotogrammetrického vyhodnocování ( $0,78 + 2,2 \operatorname{tg}\alpha$ ) m a že se zde ukazuje reálná možnost dosáhnout přesnosti odvozené z teoretického rozboru chyb ( $0,60 + 2,0 \operatorname{tg}\alpha$ ) m. Tím bychom dosáhli přímo ve fotogrammetrii přesnosti, jaké bylo dosaženo způsobem velmi neekonomickým až po topografickém zpracování originálů mapy 1 : 10 000.

U jednoho profilu, neuvažujeme-li zde vliv sklonu, byla vypočtena střední chyba ve výšce vrstevnice  $\pm 1,17$  m; kdybychom však dovedli odstranit z výsledků systematickou chybu, byla by střední chyba pouze  $\pm 0,54$  m. U jiného profilu byla střední chyba  $\pm 0,36$  m a po odstranění systematické chyby byla by pouze  $\pm 0,17$  m. Takto bychom mohli pokračovat téměř u všech profilů.

U celého problému je nutno si uvědomit jednu závažnou skutečnost, že chyby ve vličovacích bodech a při absolutní orientaci se nám v plné míře projeví ve výsledcích. Připustíme-li střední chybu při provádění absolutní orientace  $\pm 0,80$  m, pak rozhodně nemůžeme očekávat ve vyhodnocování lepší výsledky. Tím by pouze tato chyba byla již na stanovené hranici přesnosti mapy. My však nemůžeme prohlásit, že chyba z absolutní orientace sta-

noví samojediná přesnost fotogrammetrického vyhodnocování. Z výsledků se ukázala reálná možnost provádět absolutní orientaci s přesností  $\pm 0,40$  m za předpokladu, že film nebude deformován. Praktické zkušenosti tuto skutečnost potvrzují.

Je však nutné upozornit na některé skutečnosti, které ve větší nebo menší míře mohou ovlivnit přesnost vyhodnocování systematickou chybou. Je to především ta skutečnost, že vyhodnocovatel může jinak nastavovat výšky jednotlivých bodů a jinak vyhodnocovat vrstevnice. U těchto vyhodnocovatelů bylo by nutno stanovit osobní chybu, o kterou by tito při vyhodnocování vrstevnic opravili nastavenou výšku.

Druhým zjevem, který může znehodnotit výsledky, je nestejně osvětlení nebo nestejně krytí negativů ve vyhodnocovacích komorách (Fertschův efekt). Zvláště u planigrafů, kde bývá různé osvětlení uprostřed a na okrajích, je tato okolnost dosti nebezpečná. Tato chyba se projeví tím více, čím rozdílnější bude jas obou snímků čím rychleji bude fotogrammetr vyhodnocovat, a může nabýt dosti značné velikosti. Při provedených zkouškách se značně rozdílným osvětlením obou snímků dosáhla tato chyba velikosti 20 m situačního postupu vrstevnice při vyhodnocování map v měřítku 1 : 10 000. Přílišný spěch při vyhodnocování vrstevnic je na újmu přesnosti z obou uvedených důvodů.

Zaměřením některých profilů středem podélného překrytu byl sledován cíl zjistit, zda nedochází v tomto směru k prohnutí stereomodelu. Aby bylo možno tento cíl sledovat, byly zhotoveny grafické přehledy odchylek jednotlivých profilů. Některé profily skutečně potvrdily, že toto prohnutí se zde vyskytuje a dosahuje velikosti až 0,50 m. Udělat však zcela určité závěry o původu tohoto prohnutí není možné, protože mohlo být způsobeno chybami ve vzájemné orientaci, určitými strojovými chybami, nepravidelnou srážkou, popřípadě jinými vlivy. Vynecháním středního vřícovacího bodu se správnosti vyhodnocení uškodilo, protože byl ponechán celý průběh výškového vyhodnocení stereoskopické dvojice bez kontroly, i když teoreticky jeho zaměřování není naprosto nutné.

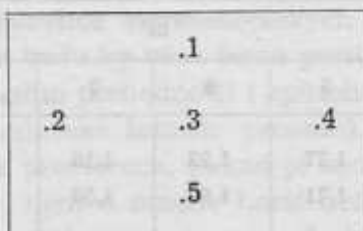
Je pravděpodobně také možné, že vlivem zahrnutí filmových negativů v komorách během vyhodnocování se změní výškové poměry ve stereomodelu vůči těm, které byly v době konání absolutní orientace. Z toho důvodu bylo by nutné během výškového vyhodnocování a po jeho ukončení znovu přezkoušet a určit výškové odchylky vřícovacích bodů. Střední vřícovací bod by v tomto případě hrál rozhodující úlohu.

Všechny dosavadní úvahy se týkaly pouze snímků normálních, protože ve zkušebních prostorech se širokoúhlé snímky nevyskytovaly. Při přezkušování širokoúhlých stereoskopických dvojic v roce 1959 z devíti stereoskopických dvojic tři nevyhovovaly; na nich bylo nutno provést výškové přeměření terénu. Kdyby byl na nich zaměřen střední vřícovací bod, bylo by bývalo nutné znovu přezkoušet vzájemnou a absolutní orientaci, popřípadě určit tyto stereoskopické dvojice k doměření. Jako kritérií pro hodnocení širokoúhlých stereoskopických dvojic používáme zatím kritérií získaných v této práci pro stereoskopické dvojice normální, ačkoli teoreticky měla by být přesnost vyhodnocených širokoúhlých stereoskopických dvojic asi o 30% větší než u stereoskopických dvojic normálních. Používání širokoúhlých snímků je velmi výhodné, avšak vyžaduje kvalitní filmový materiál, protože plocha vyhodnocené stereoskopické dvojice je cca 3 km<sup>2</sup>

Dále jsou uvedeny závěry pro práce topografické. Jak již bylo uvedeno v kapitole 2 B, byly vrstevnice vyhodnocené fotogrammetricky komplexně přezkušovány při topografických pracích zaměřením kontrolních bodů, jejichž počet byl skoro tak velký jako při metodě stolové. Takový způsob práce z velké části nevyužil výsledků práce fotogrammetrické a zcela jasně zvýšil objem prací topografických.

Z výsledků je vidět, že topografická přesnost se tímto velkým objemem měřických prací zlepšila pouze o 13 cm. Současně se však ukázalo, že této přesnosti je možno při větší pečlivosti prací dosáhnout přímo ve fotogrammetrii. Je proto potřeba dbát na kvalitu fotogrammetrických prací a na druhé straně odstranit zbytečné měření u prací topografických a tím polní topografické práce urychlit co nejvíce.

V přítomné době však nemůžeme zatím připustit měření pouze v prostorech, které fotogrammetr určí na průsvítce stereoskopických dvojic k doměření, protože přibližně 15–20% stereoskopických dvojic je vyhodnoceno s chybou větší než je možno s ohledem na dosavadní výsledky připustit, pokud ovšem se nezmění způsob fotogrammetrického vyhodnocování. Ověření stereoskopické dvojice se provádí pomocí pěti kontrolních bodů, které jsou na stereoskopické dvojici umístěny v teoreticky nejnebezpečnějších místech.



Tyto kontrolní body mohou být stanoviště, laťové body dvakrát měřené nebo body určené protínáním vpřed. Při zaměření kontrolních bodů se současně doměří chybějící kóty a popřípadě se ověří vrcholové tvary. Posouzení stereoskopické dvojice se provádí na základě středních chyb. U těchto kontrolních bodů se vypočtou nejdříve odchylky  $\varepsilon = v' - v_1$  kde  $v_1$  značí výšku bodu určenou topografem a  $v'$  výšku fotogrammetrickou. Střední výškový rozdíl stereoskopické dvojice  $m$  se vypočte podle vzorce:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon\varepsilon]}{n}}, \quad (22)$$

kde  $n$  značí počet kontrolních bodů.

Abychom mohli posoudit, zda je stereoskopická dvojice správná nebo ne, stanovíme přípustnou hodnotu středního výškového rozdílu  $m'$ . Pro její výpočet nelze však použít mechanicky odvozených rovnic, ale je nutno vzít v úvahu, že střední výškový rozdíl stereoskopické dvojice je vypočten pouze z pěti bodů tj. se značnou nejistotou, a je ovlivněn i chybou v určení kontrolních bodů. Její výpočet provedeme tímto způsobem:

1. Vypočteme střední výškovou fotogrammetrickou chybu pro danou stereoskopickou dvojici podle přibližných vzorců:

b) pro terén nepokrytý:  $m_1 = (0,79 + 0,02 \alpha^0) m$ ,

b) pro terén zalesněný:  $m_1 = (1,09 + 0,04 \alpha^0) m$ , kde  $\alpha^0$  je průměrný sklon stereoskopické dvojice ve stupních.

2. Vypočteme střední chybu  $m_2$  určeného středního rozdílu  $m$ :

$$m_2 = 0,707 \frac{m}{\sqrt{n}},$$

kde  $m$  je střední výškový rozdíl topografickou kontrolou zjištěný a  $n$  počet kontrolních bodů.

3. Chybu v určení kontrolního bodu  $m_3$  stanovíme podle této tabulky, která odpovídá přesnosti určování bodů topografem:

$0^\circ - 2^\circ \pm 0,30 \text{ m}$	$10^\circ - 15^\circ \pm 0,84 \text{ m}$
$2^\circ - 6^\circ \pm 0,50 \text{ m}$	$15^\circ - 20^\circ \pm 1,02 \text{ m}$
$6^\circ - 10^\circ \pm 0,66 \text{ m}$	$20^\circ - 25^\circ \pm 1,24 \text{ m}$

4. Střední výškový rozdíl  $m$  zjištěný při kontrole a zatížený nejistotou  $m_2$  je způsoben chybou fotogrammetrickou a chybou kontrolního měření:

$$m \pm m_2 = \sqrt{m_1^2 + m_3^2}$$

$$m \left( 1 \pm \frac{0,707}{\sqrt{n}} \right) = \sqrt{m_1^2 + m_3^2}$$

$$m \frac{\sqrt{n} \pm 0,707}{\sqrt{n}} = \sqrt{m_1^2 + m_3^2} \quad (23)$$

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_3^2} \cdot \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n} \pm 0,707}$$

Připustná hodnota  $m'$  středního výškového rozdílu musí být dána maximální absolutní hodnotou vztahu (23), tj.

$$m' = \sqrt{m_1^2 + m_3^2} \cdot \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n} - 0,707} = m'' \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{n} - 0,707}$$

Tabulka hodnot  $m'$  a  $m''$

$\alpha^\circ$	n		m'							m''
	3	4	5	6	7	8	9	10		
0-2°	1,47	1,35	1,27	1,22	1,18	1,16	1,14	1,12	0,90	
	1,98	1,81	1,71	1,64	1,59	1,56	1,53	1,51	1,20	
2-6°	1,69	1,53	1,46	1,40	1,36	1,33	1,31	1,29	1,00	
	2,28	2,09	1,97	1,89	1,84	1,80	1,77	1,74	1,40	
6-10°	1,96	1,80	1,69	1,62	1,58	1,54	1,52	1,50	1,20	
	2,64	2,42	2,28	2,18	2,12	2,07	2,04	2,01	1,60	
10-15°	2,26	2,08	1,96	1,88	1,82	1,78	1,76	1,73	1,30	
	3,08	2,82	2,66	2,55	2,48	2,42	2,38	2,35	1,80	
15-20°	2,60	2,39	2,25	2,16	2,09	2,05	2,01	1,99	1,50	
	3,52	3,22	3,04	2,91	2,83	2,77	2,72	2,68	2,10	
20-25°	2,97	2,73	2,57	2,46	2,39	2,34	2,31	2,27	1,80	
	3,99	3,66	3,45	3,30	3,21	3,14	3,09	3,05	2,40	

Legenda:  $\alpha^\circ$  – průměrný sklon stereoskopické dvojice,  
 n – počet kontrolních bodů,  
 – horní hodnoty jsou pro terén nepokrytý,

– spodní hodnoty jsou pro terén zalesněný,  
 – výsledky jsou uvedeny v metrech.

5. Provedeme zhodnocení stereoskopické dvojice. Aby stereoskopická dvojice měla přípustnou přesnost, musí být  $m \leq m'$ . V opačném případě je stereoskopická dvojice nevyhovující a musí být na ní provedeno doměření.

Aby se však topograf nemusel vracet zpět na místo, které již kontroloval, doporučuje se zaměření několika účelně rozložených kontrolních bodů v tom případě, že odchylka kontrolního bodu  $\epsilon$  je větší než chyba

$$m'' = \sqrt{m_1^2 + m_3^2}.$$

Po provedení celkové kontroly stereoskopické dvojice stačí podle sítě těchto kontrolních bodů zredukovat výškopis celé stereoskopické dvojice. To můžeme uskutečnit za předpokladu, že plocha stereoskopické dvojice je určitým způsobem plynule deformována, což ve většině případů bývá splněno. Tímto způsobem odstraníme z výsledků největší množství systematických chyb a zůstanou pak pouze jejich zbytky a chyby nahodilé. Jestliže je stereoskopická dvojice alespoň vyhovující, avšak některé  $\epsilon$  přesahuje hodnotu  $m''$ , doporučujeme provést tuto redukcii pouze v okolí tohoto kontrolního bodu i když podle uvedených kritérií doměření není předepsáno.

Při kontrole stereoskopických dvojic se zjistilo, že fotogrammetři odstraňují někdy nesouhlas vrstevnic v blízkosti trigonometrických bodů jejich posunem. Při použití těchto bodů jako kontrolních zdá se stereoskopická dvojice v pořádku, jakmile se však použilo kontrolních bodů poněkud vzdálenějších, ukázalo se, že stereoskopická dvojice je nevyhovující. S ohledem na nový způsob prací ukazuje se se tento umělý zásah jako nevhodný, protože se tím poruší plynule deformovaná plocha a zabraňuje to použití těchto bodů jako kontrolních.

Vraťme se ještě jednou k fotogrammetrickému vyhodnocování a zaměřování středního vřícovacího bodu. Bylo by vhodné, aby se ve fotogrammetrickém odboru používalo jednoho



vlicovacího bodu jako základního pro výškové vyhodnocování (nebyl měněn horizont) a u všech ostatních vlicovacích bodů, včetně středního, se uvedly přesně zjištěné odchylky od geodetických výšek. Tím způsobem by měl topograf možnost zredukovat výškopis celé stereoskopické dvojice již v době přípravných prací. Jsme přesvědčeni, že výšková přesnost by se značně zvýšila a zůstala by pravděpodobně v mezích nahodilých chyb. Topograf by pak již nemusel provádět při polních pracích žádná další měření kromě doměření prostorů vyznačených fotogrammetrem na průsvítce stereoskopických dvojic a ověření vrcholových tvarů. Bez zaměření středního vlicovacího bodu by však tento postup nebyl možný. Po ověření správnosti uvedených závěrů bylo by možno přehodnotit i způsob ověřování stereoskopických dvojic.

Povšimněme si dále poněkud také lesních prostorů. Z výsledků zkoumání jsme se přesvědčili, že přesnost v lesních prostorech, pokud je zkoumána na komunikacích, průsecích a v prostorech s řídkým porostem, není o mnoho horší než v otevřeném terénu. V lese ověřujeme proto stereoskopickou dvojici pouze v místech, kde je předpoklad, že vyhodnocovatel viděl přirozenou půdu. Jestliže je stereoskopická dvojice dobrá, provede topograf doměření prostorů s hustým porostem a popřípadě tvarů, které vyhodnocovatel nezachytil. Toto doměření může být provedeno i z fotogrammetrických kót, protože není nutné ani účelné, aby přesnost v zalesněném terénu byla větší než v terénu nepokrytém. Proto je nutné, aby fotogrammetři učinili v lesních porostech maximálně možné množství kót které je možno situačně identifikovat, a současně také větší množství výškových bodů v těch místech, kde je vidět přirozenou půdu, avšak situačně je není možno určit.

Je nezbytně nutné, abychom se v krátkosti zmínili rovněž o horském a velehorském terénu. I zde ponecháváme ještě kontrolu stereoskopických dvojic, avšak kontrolní body mohou být pouze na vrcholových a údolních tvarech terénu, protože kontrola svahových tvarů prostředky topografa je velmi problematická a teoreticky neopodstatněná. Je-li terén zalesněný, stačí provést doměření stolovými pořady vedenými po vrcholových a údolních tvarech.

Závěrem je třeba říci, že z ekonomického hlediska je nutno věnovat zvýšenou péči fotogrammetrii, a to jak v otázce vyhodnocování, tak především v otázce aerotriangulace pro získání vlicovacích bodů, a to se všemi obměnami, které by nám umožnily udržovat anebo zlepšit dosavadní přesnost mapy 1 : 10 000. Je také třeba si uvědomit, že výsledky aerotriangulace i fotogrammetrického vyhodnocování jsou zcela závislé na kvalitě fotogrammetrického materiálu, protože všechna ostatní opatření k zlepšení výsledků jsou již druhotná a neekonomická. Předpokládáme rovněž, že po zavedení aerotriangulace budou kontrolní body stereoskopických dvojic rovněž určeny tímto způsobem. Na základě zkušeností je však nutné upozornit na to, že jsou to kontrolní body ve vlastním slova smyslu a nesmějí být známy vyhodnocovateli, má-li tato kontrola být skutečně objektivní, aby její výsledky mohly sloužit dalšímu zpracování. To umožní hodnotit nejen přesnost jednotlivých stereoskopických dvojic a tím i celého mapového díla, ale i kvalitu vyhodnocovatelů. Tímto způsobem bude možno zmenšit rozsah měřických prací topografa a tím urychlit průběh polních prací.

Mnohé závěry, připomínky a požadavky uvedené v tomto článku byly již v době jeho vydání uskutečněny. Topografická revize prováděla se podle zásad zde uvedených již od r. 1959. Je možno předpokládat, že od r. 1963 se bude fotogrammetrické zpracování mapových listů 1 : 10 000 provádět tak, že nebude již nutno, aby topograf prováděl kontrolu stereoskopicky dvojic, a to povede k dalšímu zmenšení objemu polních prací.

#### Literatura:

- [1] Finsterwalder: Photogrammetrische Höhenschichtlinien (Zeitschrift für Vermessungswesen č. 7/1957).
- [2] Böh m: Vyrovnávací počet, (Skripta, Brno 1948).
- [3] Gál: Fotogrammetria (Učebnice, Bratislava 1954).
- [4] Finsterwalder: Photogrammetric measures of accuracy in the United States and Europe (Photogrammetric Engineering, červen 1954).
- [5] Kučera: Přednáška o přesnosti map 1 : 5 000 a 1 : 10 000 z roku 1958 (Skripta).
- [6] Krátký: Příspěvek k teorii chyb vnitřní orientace (Geodetický a kartografický sborník 1958).
- [7] MNO GŠ - TO: Směrnice pro mapování v měřítku 1 : 10 000 (prozatímní, Dobruška 1958)
- [8] Finsterwalder: Fotogrammetrija (Učebnice, Moskva 1959).

Inženýr plukovník prof. dr. Josef Vykutíl, VA AZ

## Směrové pořady

Účel a význam směrových pořadů. Chyby při měření úhlů ve směrových pořadech. Přesnost přenášení směrů směrovými pořady, orientovanými jen na začátku; přesnost severníků v pořadech, orientovaných na začátku i na konci.

### Úvod

V praxi je zcela běžné určování rovinných souřadnic geodetických bodů polygonovými pořady; v podstatě přitom jde o řešení první geodetické úlohy v rovině. Pro určení severníků jednotlivých stran polygonového pořadu se měří vrcholové úhly; délky stran se měří buď přímo (pásmem), paralakticky, optickými nebo rádiovými či světelnými dálkoměry. Měření vrcholových úhlů teodolity je velmi jednoduché; měření délek je obvykle mnohem pracnější.

Potřebujeme-li určit jen severníky stran polygonového pořadu (přenést orientaci z jednoho bodu v terénu na jiný bod), nemusíme měřit délky stran. Takovému pořadu říkáme směrový polygonový pořad nebo krátce *směrový pořad*. Vlivem dosavadní praxe je mezi zeměměřiči všeobecně rozšířen názor, že polygonový pořad, ve kterém není třeba měřit délky, je velmi jednoduchou záležitostí. To však platí jen potud, pokud nepožadujeme vyšší přesnost v určení severníků stran pořadu. O tom nás přesvědčí tato skutečnost: Vzorec pro dopustnou úhlovou odchylku v polygonových pořadech  $O_{\omega} \leq 60'' \sqrt{n}$ , kde  $n$  je počet měřených vrcholových úhlů, byl stanoven pro měření teodolity se čtením  $20''$ ; v pořadu o 9 stranách může tedy být na konci odchylka (chyba)  $3'$ . V posledních letech se k měření vrcholových úhlů v polygonových pořadech často používaly mnohem přesnější teodolity (např. se čtením  $1''$ ); přesto se přesnost určených severníků nijak podstatně nezvýšila (pro úhlovou odchylku platil stejný vzorec jako dřív). Je to způsobeno tím, že hlavní příčinou úhlových chyb v pořadech o krátkých stranách ( $s < 300$  m) není malá přesnost stroje, ale nepřesnost centrací stroje a signálů.

Potřebujeme-li geodeticky přenést orientaci (určit severník daného směru) s vyšší přesností, musíme měřit vrcholové úhly ve směrovém pořadu velmi pečlivě, zjišťovat centrační prvky orientačních směrů, správně centrovat stroj a signály a zachovat všechna pravidla pro přesné měření úhlů. Stručně to můžeme vyjádřit takto: mají-li být severníky stran směrového pořadu určeny s přesností například několika málo vteřin, musíme směrový pořad volit a jeho vrcholové úhly měřit podle zásad platných pro triangulaci.

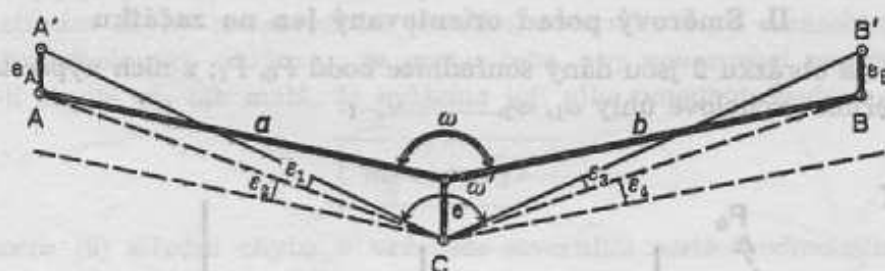
V tomto článku se budeme zabývat některými problémy při měření směrových pořadů a přesností výsledných severníků.

### I. K měření úhlů ve směrových pořadech

Celková chyba naměřeného vrcholového úhlu ve směrovém pořadu je závislá nejen na použitém stroji a pomůckách, atmosferických podmínkách, zkušenosti měřiče a zvolené metodě úhlových měření, ale také na přesnosti, s jakou je stroj centrován na stanovišti, a na

přesnosti signalizace bodů. Měříme-li přesnými stroji s dostatečně citlivými libelami, budou nejnebezpečnějším pramenem chyb nepřesné centralizace strojů a signálů.

Pro zjištění vlivu chyb v centraci stroje a signálů uvažujme měření na jednom vrcholu téměř přímého směrového pořadu podle obrázku 1.



Obr. 1

Chyba v centraci stroje je označena  $e$ , v centraci signálů na bodech  $A, B$  jsou chyby  $e_A, e_B$ ; strany pořadu jsou označeny  $a, b$ . Vrcholový úhel, nezatížený chybami vlivem nepřesných centrací je označena  $\omega$ , naměřený úhel  $\omega'$ .

Z obrázku je zřejmé, že

$$\omega = \omega' + \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4, \quad (1)$$

kde

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_1 &= \rho'' \frac{e_A}{a}; & \epsilon_3 &= \rho'' \frac{e_B}{b}; \\ \epsilon_2 &= \rho'' \frac{e}{a}; & \epsilon_4 &= \rho'' \frac{e}{b}; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Je tedy chyba naměřeného úhlu, způsobená nepřesnými centrácemi, rovna ( $\epsilon_2$  a  $\epsilon_4$  mají stejné znaménko, chyby  $\epsilon_1$  a  $\epsilon_3$  mohou mít znaménko různé):

$$\Delta\omega = \omega - \omega' = \rho'' \left( \frac{a+b}{ab} \cdot e + \frac{e_A}{a} + \frac{e_B}{b} \right) \quad (3)$$

**Příklad 1:** Necht' obě ramena měřeného vrcholového úhlu  $\omega = 180^\circ$  jsou stejná a dlouhá 1 km. Chyba v centraci stroje ve směru kolmém na ramena úhlu  $e = 5$  mm; oba signály jsou centrovány s chybou  $e' = 5$  mm (podle obrázku 1). Chyba naměřeného úhlu vlivem nepřesných centrací bude podle vzorce (3):

$$\Delta\omega = \rho'' \frac{a+b}{ab} (e + e');$$

dosadíme-li numerické hodnoty, dostaneme:

$$\Delta\omega = 4''.$$

Při kratších stranách (jinak stejných podmínkách) chyby úměrně vzrostou, při delších stranách se úměrně zmenší.

Přejdeme-li ke středním chybám  $v$  (chyby v centrácích mají náhodný charakter), bude:

$$v^2 = \rho''^2 \left[ \left( \frac{a+b}{ab} \cdot e \right)^2 + \left( \frac{e_A}{a} \right)^2 + \left( \frac{e_B}{b} \right)^2 \right]. \quad (4)$$

K chybám způsobeným nepřesnostmi centrací přistupují ještě chyby vlastního úhlového měření a přístrojů. Zkušenost ukazuje, že úhly lze teodolitem měřit se střední chybou  $\mu$ , která se přibližně rovná asi trojnásobku nejmenšího čtení teodolitu (za předpokladu, že chyby v centrácích byly sníženy na zanedbatelnou míru). Například pro vteřinový teodolit je  $\mu = 3''$ .

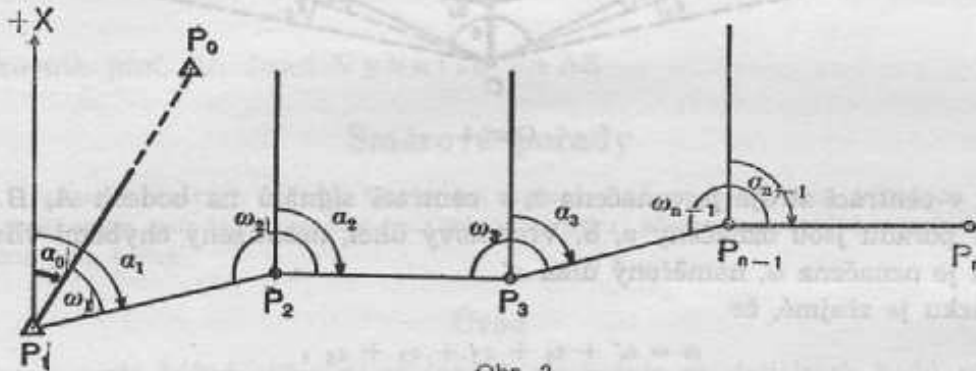
Celková střední chyba měřeného úhlu  $m_\omega$  tedy bude [1]:

$$m_\omega = \sqrt{\mu^2 + v^2}$$

V praxi se musíme snažit o to aby chyby v centraci stroje a signálů byly tak malé, že jejich vliv můžeme zanedbat. Centraci stroje a signálů lze však uskutečnit jen s určitou přesností, kterou určuje použité zařízení (olovnice, optická centrace, trojpodstavcová souprava); z toho vyplývá, že ve směrových pořadech jsou výhodnější dlouhé strany.

## II. Směrový pořad orientovaný jen na začátku

V pořadu na obrázku 2 jsou dány souřadnice bodů  $P_0, P_1$ ; z nich vypočítáme severník  $\alpha_0$  strany  $P_1 P_0$ . Měříme vrcholové úhly  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n-1}$ .



Obr. 2

Severníky jednotlivých stran směrového pořadu se počítají podle známých vzorců:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + \omega_1 \\ \alpha_2 &= \alpha_0 + \omega_1 + \omega_2 - 180^\circ \\ \alpha_3 &= \alpha_0 + \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 - 2 \cdot 180^\circ \\ &\vdots \\ \alpha_{n-1} &= \alpha_0 + \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_{n-1} - (n-2) \cdot 180^\circ \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Označíme-li střední chybu navazovacího (vypočteného) severníku  $\alpha_0$  symbolem  $m_0$ , střední chyby měřených vrcholových úhlů  $m_{\omega_1}, m_{\omega_2}, \dots, m_{\omega_{n-1}}$ , budou podle zákona přenašení chyb střední chyby jednotlivých severníků:

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= \sqrt{m_0^2 + m_{\omega_1}^2} \\ m_2 &= \sqrt{m_0^2 + m_{\omega_1}^2 + m_{\omega_2}^2} \\ m_3 &= \sqrt{m_0^2 + m_{\omega_1}^2 + m_{\omega_2}^2 + m_{\omega_3}^2} \\ &\vdots \\ m_{n-1} &= \sqrt{m_0^2 + m_{\omega_1}^2 + m_{\omega_2}^2 + \dots + m_{\omega_{n-1}}^2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Ze vzorců (6) je zřejmé, že větší střední chyba třeba jen v jednom vrcholovém úhlu podstatně ovlivní přesnost všech dalších severníků. Větší chyby v úhlech se mohou vyskytnout zejména tenkrát, budou-li v pořádku krátké strany (velký vliv nepřesných centrací); musíme proto směrové pořady volit tak, aby se v nich nevyskytovaly příliš rozdílné strany. Za tohoto předpokladu budou střední chyby všech vrcholových úhlů přibližně stejné  $m_{\omega_1} \approx m_{\omega_2} \approx \dots \approx m_{\omega_n} \approx m_{\omega}$ . Potom bude:

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= \sqrt{m_0^2 + m_{\omega}^2} \\ m_2 &= \sqrt{m_0^2 + 2 m_{\omega}^2} \\ m_3 &= \sqrt{m_0^2 + 3 m_{\omega}^2} \\ &\vdots \\ m_{n-1} &= \sqrt{m_0^2 + (n-1) m_{\omega}^2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Střední chyba libovolného  $r$ -tého severníku bude

$$m_r = \sqrt{m_0^2 + r m_\omega^2} \quad (8)$$

Ze vzorce (8) je patrné, že střední chyba  $r$ -tého severníku se rovná druhé odmocnině ze součtu čtverce střední chyby navazovacího (daného) severníku  $m_0$  a  $r$ -násobku čtverce střední chyby měřených vrcholových úhlů  $m_\omega$ ; je proto třeba, aby navazovací severník byl určen co nejpřesněji. Je-li chyba  $m_0$  tak malá, že můžeme její vliv zanedbat, bude:

$$m_r = m_\omega \sqrt{r} \quad (9)$$

Podle vzorce (9) střední chyba v určeném severníku roste s odmocninou z počtu měřených vrcholových úhlů; střední chyba  $m_\omega$  je v podstatě určována použitým strojem a přesností centrací stroje a signálů. Při daných podmínkách je proto třeba volit pořad opět tak, aby počet vrcholových úhlů  $r$  byl co nejmenší, tj. volit co nejdelší strany.

**Příklad 2:** Střední chyba měřených vrcholových úhlů  $m_\omega$  nechť je  $\pm 3''$ . Bude-li severník určen měřením 9 vrcholových úhlů, bude

$$m_r = \pm 3'' \sqrt{9} = \pm 9'';$$

budou-li měřeny jen 4 vrcholové úhly, bude  $m_r = \pm 6''$ .

Je-li předem stanovena přesnost, s jakou má být  $r$ -tý severník určen (dána hodnota  $m_r$ ), můžeme z rovnice (9) vypočítat potřebnou přesnost měření vrcholových úhlů (střední chybu  $m_\omega$ ):

$$m_\omega = \frac{m_r}{\sqrt{r}} \quad (10)$$

**Příklad 3:** Severník poslední strany volného směrového pořadu o 10 vrcholech má být určen se střední chybou  $m_r = \pm 10''$ . Vrcholové úhly je třeba měřit se střední chybou

$$m_\omega = \pm \frac{10''}{\sqrt{10}} \approx \pm 3'',$$

ovšem za předpokladu, že chyba v navazovacím severníku může být zanedbána.

Vteřinovými teodolity (Wild T2, Zeiss 010 aj.) lze měřit vrcholové úhly s chybou asi  $\pm 2''$  až  $\pm 3''$ . Kdybychom v příkladě 3 požadovali konečný severník s přesností například  $\pm 2''$ , bude třeba měřit vrcholové úhly se střední chybou

$$m_\omega = \pm \frac{2''}{\sqrt{10}} \approx \pm 0'',6.$$

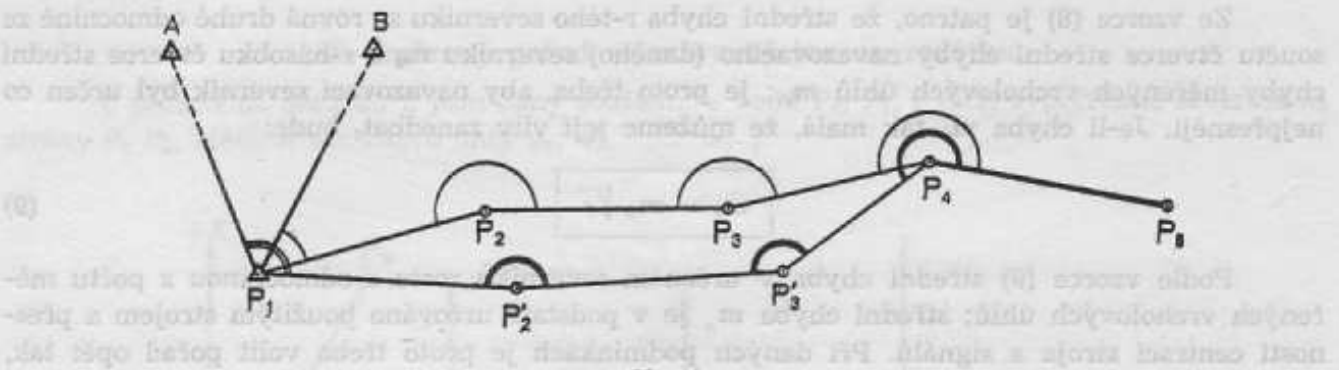
Takové přesnosti dosáhneme jedině velmi přesnými stroji (Wild T3), měřením v několika skupinách a při velmi pečlivé práci (centraci stroje a signálů), jaká se požaduje v nejpřesnější triangulaci.

Bude-li mít chyba  $m_0$  navazovacího, vypočteného) severníku takovou hodnotu, že ji nemůžeme zanedbat, musíme chybu  $r$ -tého severníku počítat podle vzorce (8) a potřebnou přesnost měření vrcholových úhlů ze vztahu

$$m_\omega = \pm \frac{\sqrt{m_r^2 - m_0^2}}{\sqrt{r}}$$

Směrový pořad, orientovaný jen na svém začátku má tu nevýhodu, že severník na jeho konci není ověřen. Kontrola určením astronomického azimutu není vhodná: vystačíme-li s přesností astronomicky určeného azimutu a jsou-li pro toto měření vhodné podmínky (jasná oblo-

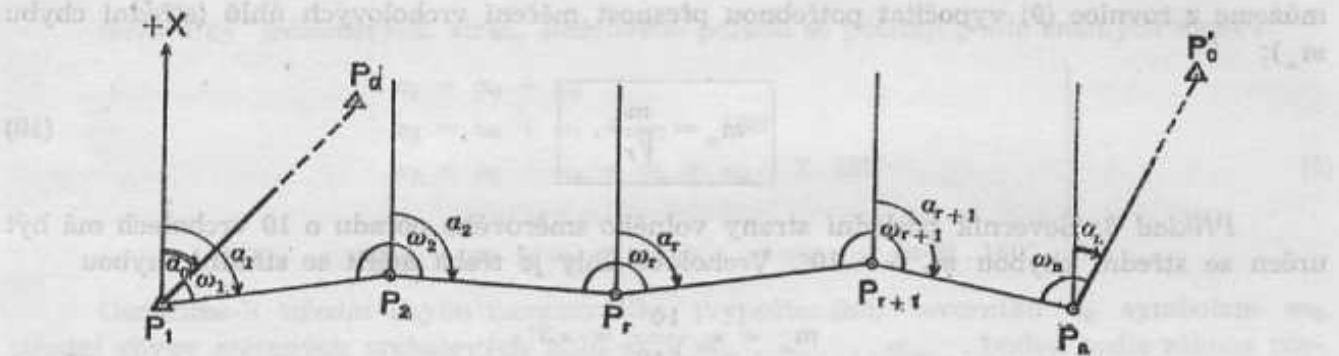
ha), potom není třeba měřit směrový pořad, který obvykle vyžaduje mnohem více času než měření astronomické. Výsledný severník lze ověřit uspořádaním měření podle obr. 3, tj. zdvojením směrového pořadu; to však vyžaduje značnou práci navíc.



Obr. 3

### III. Směrový pořad, orientovaný na začátku i na konci

Je-li to v daných podmínkách možné, volíme k určení požadovaného severníku směrový pořad, který má danou orientaci na svém počátečním i koncovém bodě. Na obrázku 4 potřebujeme určit severník na bodě P<sub>r</sub>, přičemž severníky α<sub>0</sub> a α<sub>n</sub> jsou dány (vypočteme je ze souřadnic daných bodů).



Obr. 4

V uvažovaném směrovém pořadu musí být splněna podmínka

$$\alpha_n = \alpha_0 + [\omega]_1^n - i \cdot 180^\circ, \quad (12)$$

kde  $i$  je rovno počtu stran v pořadu.

Měření vrcholové úhly  $\omega$  jsou zatíženy chybami; rovnice (12) nebude proto přesně splněna, ale bude:

$$\alpha_n - \alpha_0 - ([\omega]_1^n - i \cdot 180^\circ) = O_\omega, \quad (13)$$

kde  $O_\omega$  je známá úhlová odchylka (uzávěr) v pořadu. Tato odchylka se zpravidla rovnoměrně rozděluje na všechny měřené úhly, tj. každý úhel se opraví o hodnotu

$$v = \frac{O_\omega}{n}$$

Severníky stran pořadu tedy budou:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + \omega_1 + v \\ \alpha_2 &= \alpha_0 + \omega_1 + \omega_2 + 2v - 180^\circ \\ &\vdots \\ \alpha_r &= \alpha_0 + \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_r + r \cdot v - (r - 1) 180^\circ \\ &\vdots \\ \alpha_n &= \alpha_0 + \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n + n \cdot v - (n - 1) 180^\circ \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Připojením opravy  $v$  k měřeným úhlům nedostaneme jejich správné (pravé) hodnoty, neboť odchylka  $O_\omega$  je způsobena chybami náhodného charakteru. Označíme-li skutečné chyby měřených úhlů  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$  a skutečné chyby severníků  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$ , platí podle [2]:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 + \delta_1 &= \alpha_0 + (\omega_1 + \varepsilon_1) \\ \alpha_2 + \delta_2 &= \alpha_0 + (\omega_1 + \varepsilon_1) + (\omega_2 + \varepsilon_2) - 180^\circ \\ &\vdots \\ \alpha_r + \delta_r &= \alpha_0 + (\omega_1 + \varepsilon_1) + (\omega_2 + \varepsilon_2) + \dots + (\omega_r + \varepsilon_r) - (r - 1) \cdot 180^\circ \\ &\vdots \\ \alpha_n + \delta_n &= \alpha_0 + (\omega_1 + \varepsilon_1) + (\omega_2 + \varepsilon_2) + \dots + (\omega_n + \varepsilon_n) - (n - 1) \cdot 180^\circ \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Z porovnání rovnic (14) a (15) dostaneme pro skutečné chyby severníků:

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \varepsilon_1 - v \\ \delta_2 &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - 2v \\ &\vdots \\ \delta_r &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_r - rv \\ &\vdots \\ \delta_n &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n - nv \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Náhodné chyby  $\varepsilon$  jsou se stejnou pravděpodobností kladné a záporné a  $[\varepsilon] = 0$ ; z rovnic (16) proto vyplývá, že opravy  $v$  mohou dokonce zhoršit přesnost vypočteného severníku. Přesto je správné, připojíme-li tyto opravy k měřeným úhlům: dostáváme tak severníky, jako bychom je počítali jako aritmetický průměr dvou hodnot, vypočtených jednak od počátečního, jednak od koncového bodu pořady; váha je přitom rovna převrácené hodnotě počtu použitých vrcholových úhlů. Je to obdoba výpočtu vyrovnaného severníku na uzlovém bodě, který byl určen jen 2 pořady.

Počítejme nyní střední chybu  $M_r$   $r$ -tého severníku, tj. střední chybu veličiny  $\alpha_r$  v rovnicích (14). Pro tento výpočet můžeme v rovnici (13) vynechat konstantní hodnotu  $i \cdot 180^\circ$  a psát:

$$\begin{aligned} O_\omega &= \alpha_n - \alpha_0 - [\omega] \\ v &= \frac{O_\omega}{n} = \frac{1}{n} (\alpha_n - \alpha_0) - \frac{[\omega]}{n}. \end{aligned} \quad (17)$$

Pro severník  $\alpha_r$  potom dostaneme vztah

$$\alpha_r = \alpha_0 + \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_r + \frac{r}{n} (\alpha_n - \alpha_0) - \frac{r}{n} [\omega],$$

který píšme takto:

$$\begin{aligned} \alpha_r &= \alpha_0 + \frac{r}{n} (\alpha_n - \alpha_0) + \left(1 - \frac{r}{n}\right) (\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_r) - \\ &\quad - \frac{r}{n} (\omega_{r+1} + \omega_{r+2} + \dots + \omega_n) \end{aligned} \quad (18)$$

První a druhý člen na pravé straně rovnice (18) považujeme za bezvadné (bez chyb); ve třetím a čtvrtém členu předpokládejme, že střední chyby měřených úhlů  $\omega$  jsou všechny stejné a rovné  $m_\omega$ . Podle zákona přenášení chyb dostaneme:

$$\begin{aligned} M_r^2 &= \left(1 - \frac{r}{n}\right)^2 r m_\omega^2 + \left(\frac{r}{n}\right)^2 (n - r) m_\omega^2 = \\ &= \left[\left(1 - \frac{r}{n}\right)^2 r + \left(\frac{r}{n}\right)^2 (n - r)\right] m_\omega^2 = \\ &= \left(r - \frac{r^2}{n}\right) m_\omega^2 = \frac{r(n - r)}{n} m_\omega^2 \end{aligned}$$

Po odmocnění bude:

$$M_r = m_\omega \sqrt{\frac{r(n-r)}{n}} \quad (19)$$

Stanovíme-li předem přípustnou velikost střední chyby  $M_r$  pro určovaný severník, vypočteme potřebnou přesnost měření vrcholových úhlů (střední chybu  $m_\omega$ ) rovněž z rovnice (19):

$$m_\omega = M_r \sqrt{\frac{n}{r(n-r)}} \quad (20)$$

Z porovnání rovnic (9) a (19) vyplývá zvýšení přesnosti určovaného severníku, je-li směrový pořad orientován také na konci.

**Příklad 4:** Nechť je stejně jako v příkladě 2 střední chyba  $m_\omega = \pm 3''$ ,  $r = 10$ . Uvažujme však pořad s orientací na obou koncích o  $n = 15$ . Podle vzorce (19) bude

$$M_r = \pm 3'' \sqrt{\frac{10 \cdot 5}{15}} = \pm 5'',5$$

Chyba  $M_r$  bude (za jinak stejných okolností) maximální, bude-li maximální čítec ve zlomku na pravé straně rovnice (19),

$$r(n-r) = \max,$$

Položme první derivaci rovny nule:

$$n - 2r = 0;$$

odtud

$$r = \frac{n}{2}$$

Střední chyba je tedy maximální pro severník uprostřed pořadu; v tom případě je

$$M_{\max} = m_\omega \sqrt{\frac{\frac{n}{2} \left( n - \frac{n}{2} \right)}{n}} = \frac{m_\omega}{2} \sqrt{n} \quad (21)$$

Budeme-li předpokládat, že úhlová odchylka v pořadu  $O_\omega$  je způsobena jen náhodnými chybami měřených vrcholových úhlů, můžeme podle zákona přenášení chyb počítat střední chybu  $m_\omega$  ze vzorce:

$$m_\omega = \frac{O_\omega}{\sqrt{n}}$$

Dosadíme-li do vzorce (21), dostaneme pro střední chybu severníku uprostřed pořadu

$$M_{\max} = \frac{O_\omega}{2}$$

(střední chyba severníku uprostřed pořadu je rovna polovině úhlové odchylky (uzávěru) daného pořadu).

### Závěr

Z našich rozborů vyplývají tyto zásady pro přenášení směrů měření směrových polygonových pořadů:

1. Pokud to dovolí podmínky, volit pro určení směrů (severníků) oboustranně orientované směrové pořady; kromě kontroly měření se tak zvyšuje přesnost určených severníků. Jednostranně orientované pořady volit jen, je-li to nezbytné.



2. Navazovací (dané) severníky na počátečním a koncovém bodě směrového pořadu určovat pokud možno tak, aby jejich chyby mohly být (vzhledem k přesnosti úhlových měření v pořadu) zanedbány. Toho se snáze dosáhne orientací na vzdálenější trigonometrické body, kde se méně projeví chyby v souřadnicích bodů a nepřesnosti v určení centračních prvků.

3. Směrové pořady volit tak, aby se daná vzdálenost překlenula nejmenším počtem stran (podle konfigurace a porostlosti terénu a atmosférických podmínek).

4. Podle toho, s jakou přesností má být požadovaný směr (severník, azimut) určen, je třeba vypočítat podle vzorců (10), (11) nebo (20) nutnou přesnost měření vrcholových úhlů a tuto přesnost při měření dodržet (použít vhodný stroj a pomůcky, vhodnou metodu pro měření úhlů a správně centrovat stroj i signály).

5. Je-li dostatek času a prostředků, měřit pro ověření určovaného severníku druhý (kontrolní) směrový pořad, zejména je-li směrový pořad orientován jen na svém začátku.

#### Literatura:

- [1] Baranov A. N.: Geodezija v tonnelestrojenii, část I, Moskva 1952.
- [2] Jordan - Eggert: Handbuch der Vermessungskunde, zweiter Band, Feld- und Landmessung, Stuttgart 1950.

Inženýr major Vladimír Martiňák VTOPÚ

## **Rožbor výsledků měření fázovými elektrooptickými dálkoměry s Kerrovým modulátorem a metodika ověřovacích měření**

### **1. Úvod**

Současné elektrooptické dálkoměry se rozdělují podle dosahu i přesnosti na velké, střední a malé. Pro účely VTS přicházejí v úvahu střední dálkoměry, jejichž dosah je 15 až 20 km a přesnost vyšší než 1 : 100 000 při dobré viditelnosti. Ze středních elektrooptických dálkoměrů (dále jen dálkoměrů) vyrábí se sériovým způsobem dálkoměr SVV-1 v SSSR a geodimetr NASM-3 fy AGA ve Švédsku. Oba přístroje jsou majetkem VTOPÚ. Po konstrukční stránce představují tyto přístroje dva zcela odlišné systémy, které se v různých variantách vyskytují v dosud používaných dálkoměrech a částečně i v radiodálkoměrech. Vývody, které jsou uvedeny v naší stati, je možno využít do jisté míry při ověřovacích měřeních dálkoměrů jiných typů.

Přesnost středních elektrooptických dálkoměrů řádově odpovídá přesnosti telluometru, jehož předností je větší dosah činnosti a možnost měření ve dne, v mlze apod. Předností středních elektrooptických dálkoměrů ve srovnání s telluometrem jsou:

1. Reflexní vlastnosti terénu mezi koncovými body měřené vzdálenosti nemají vliv na výsledky měření dálkoměry.
2. Chyba indexu lomu vzduchu (a tím i měřené vzdálenosti) způsobené chybou v určení meteorologických faktorů (hlavně vlhkosti vzduchu) je několikrát menší pro světelné vlny než pro rádiové vlny.
3. Použití pasivního odrazného systému. Odrazná zrcadla nevyžadují ani soustavnou obsluhu, ani zdroj elektrické energie.
4. Kratší vzdálenosti (3–5 km) jsou měřeny přesněji než telluometrem.
5. Jednoduchost konstrukce dálkoměru SVV-1. Možnost opravy dálkoměru SVV-1 geoditem v polních podmínkách.
6. Možnost použití dálkoměrů při zákazu vysílání vlastních rádiových stanic.

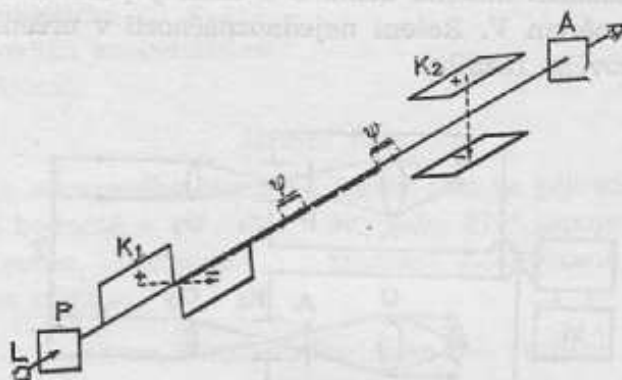
Tyto přednosti dálkoměrů mohou být využity ve VTS:

1. pro měření polygonálních pořadů o průměrné délce stran 10 km, zejména při zákazu vysílání vlastních rádiových stanic;
2. pro měření polygonálních pořadů o délkách stran 3–5 km. Strany do 3 km mohou být změřeny dálkoměrem SVV-1 při slunečním svitu, strany do 5 km při soumraku;
3. pro měření základny, která se využije pro srovnání radiodálkoměrů;
4. pro měření základen speciálních trigonometrických sítí.

## 2. Konstrukce středních elektrooptických dálkoměrů

### a) Elektrooptický dálkoměr SVV - 1:

Série přístrojů vyrobených v roce 1959–1961 jsou konstruovány tak, že pozorování se provádí „kompenzačním způsobem minima světla“. Podstata kompenzačního způsobu je patrna z obr. 1.



Obr. 1

Dva stejné Kerrový kondenzátory  $K_1$  i  $K_2$  jsou umístěny jeden za druhým na vzdálenosti  $2D$ . Kondenzátory jsou stočeny o úhel  $90^\circ$  tak, že siločáry elektrického pole obou jsou navzájem kolmé. Před kondenzátorem  $K_1$  je umístěn polarizátor  $P$ , jehož rovina polarizace svírá úhel  $45^\circ$  se směrem siločar elektrického pole kondenzátoru  $K_1$ . Za kondenzátorem  $K_2$  je umístěn analyzátor  $A$ , jehož polarizační rovina svírá úhel  $90^\circ$  s polarizační rovinou polarizátoru  $P$ . K oběma kondenzátorům je přiloženo synchronní sinusoidální napětí s frekvencí  $f$ . Světelný paprsek od zdroje světla  $L$ , polarizovaný v rovině polarizátoru  $P$ , rozštěpí se při průchodu Kerrovým kondenzátorem  $K_1$  na řádný a mimořádný paprsek. Fázový rozdíl  $\psi$  mezi řádným a mimořádným paprskem se mění periodicky s frekvencí  $f$ . Oba paprsky se šíří po dráze  $2D$  s fázovým posuvem  $\psi$ . Délka vlny  $\lambda$  se v tomto případě vztahuje ke dvěma sousedním bodům na dráze paprsku majícím v čase  $t$  stejný fázový rozdíl  $\psi$  a určí se ze známého vztahu mezi délkou vlny  $\lambda$ , frekvencí  $f$  a rychlostí šíření světla  $c$

$$\lambda = \frac{c}{f}.$$

Jestliže modulační frekvence  $f$  má takovou hodnotu, že v měřené vzdálenosti  $2D$  se uloží celistvý počet  $n$  modulovaných světelných vln  $\lambda$ , potom fázový rozdíl  $\psi$  modulovaného světelného vlnění i fázový rozdíl vzniklý v kondenzátoru  $K_2$  budou stejné velikosti a opačného znaku a navzájem se kompenzují. Modulované světelné vlnění po průchodu kondenzátorem  $K_2$  bude demodulováno a neprojde analyzátozem  $A$ . Pozorovatel nepozoruje žádné světlo. Pro tento extrémní stav se používá označení, že pozorovatel pozoruje „minimum“ světla.

Blokové schéma dálkoměru SVV-1 je znázorněno na obr. 2. Oblouková cirkoniová lampa  $L$  vysílá isotropní světelné vlnění, které kondenzátor  $K$  usměrňuje přes polarizátor  $P$  do středu Kerrova kondenzátoru  $K_1$ . Po průchodu kondenzátorem  $K_1$  je světelné vlnění modulováno fázově a vysílacím optickým systémem  $O_1$  v podobě skoro rovnoběžného svazku navedeno na odrazný zrcadlový systém  $Z$ . Po odrazu se světlo vrací zpátky k počátečnímu bodu měřené délky, je usměrňováno přijímací optickou soustavou  $O_2$  do středu Kerrova kondenzátoru  $K_2$  a po průchodu analyzátozem  $A$  a okulárem  $O$  je pozoruje oko pozorovatele. K elektrodám kondenzátorů  $K_1$  i  $K_2$  je přiloženo střídavé sinusoidální napětí (modulační napětí s frekvencí  $f$ ), jehož zdrojem je vysokofrekvenční generátor. V okamžiku, kdy pozorov-

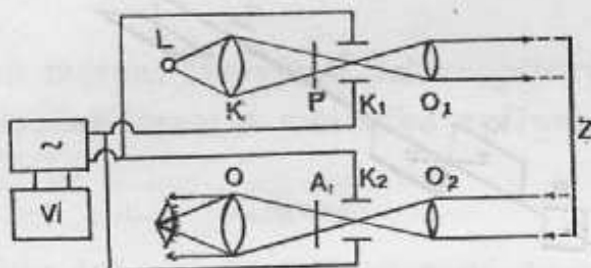
vatel pozoruje minimum světla, fázový rozdíl vysílaného a odraženého signálu je roven nule a vzdálenost  $D$  se určí ze vztahu

$$D = n \frac{\lambda}{2},$$

neboli

$$D = n \frac{c}{2f}. \quad (1)$$

V rovnici (1) jsou dvě neznámé: měřená délka  $D$  a celistvý počet  $n$  vlnových délek modulace. Frekvence  $f$  se měří vlnoměrem  $V$ . Řešení nejednoznačnosti v určení vzdálenosti je popsáno v [5] (nepřímé měření fázového rozdílu).



Obr. 2

Program měření, zaručující výsledek se střední chybou menší než  $\pm \frac{1}{100000}$  obsahuje měření na 4 frekvencích (na 4 minimech), kterým odpovídají 4 série měření. Jedna série měření se skládá z 9 měřických skupin, každá skupina ze 4 pozorování minima, přičemž se vždy odečítá na vlnoměru příslušná frekvence. Pro výpočet délky určené měřením v jedné serii se bere střední ze 36 ( $9 \times 4$ ) odečítaných frekvencí. Výslednou délkou je aritmetický průměr ze 4 sérií, který podléhá ještě fyzikální a matematické redukci.

#### b) Geodimetr NASM - 3:

Princip činnosti je popsán v [2] a v [6]. Přímé měření fázového rozdílu vysílaného a odraženého signálu, kterého se používá u geodimetru, je popsáno také v [5], strana 59.

Pro doplnění uvedeme metodiku měření s termíny shodnými s metodikou měření dálkoměrem SVV - 1. Základní měřickou jednotkou je měřická série, která se skládá z 5 řad po 4 čteních fázovacího kotouče. První 3 řady se provádějí při měření vnitřní optické dráhy (vnitřní obvod). První řada se pozoruje při zapojení hrubého fázovacího členu „50“, druhá řada při zapojení hrubého fázovacího členu „45“. Tyto řady se používají pro kalibrování (cejchování) jemného fázovacího členu. Třetí řada se provádí při zapojení hrubého fázovacího členu „0“. Střední čtení jemného fázovacího členu při pozorování třetí řady odpovídá počátku linie zpoždění v délkové míře (0 m). Čtvrtá řada se provádí při měření vlastní délky (vnější obvod). Pátá řada je analogická třetí řadě.

Pro řešení nejednoznačnosti v určení délky se provádí série měření na hlavní frekvenci  $F_1$  i pomocné  $F_2$ . Praktický příklad měření vzdálenosti je uveden v [6] str. 38 (čtvrtá řada se zde opakuje dvakrát). Je nutné opravit tento příklad tak, že měření na pomocné frekvenci  $F_2$  slouží jen k určení čísel  $n_1$  a  $n_2$  a vypočítaná vzdálenost  $D_2$  jen jako orientační. To se týká i ostatních měření na frekvenci  $F_2$  uvedených v [6].

#### c) Hlavní konstrukční rozdíly SVV - 1 a NASM - 3:

SVV - 1:

NASM : 3:

Modulace světelného vlnění.

Fázová modulace.

Amplitudová modulace.

### Modulační frekvence.

Proměnlivá frekvence v mezích  
9600 KHz – 10400 KHz.  
Frekvence se měří vlnoměrem.

Konstantní frekvence:  
Základní  $F_1 \approx 1,5$  MHz  
Pomocná  $F_2 \approx F_1 + 2,5\% F_1$ .

### Demodulace.

V Kerrově kondenzátoru, který pracuje  
synchronně s modulátorem.  
Podmínka: stejné elektrooptické  
parametry dvojice Kerrových kondenzátorů  
(modulátoru a demodulátoru).

Ve fotonásobiči.

### Určení fáze.

Rozdíl fáze vysílaného a odraženého signálu  
se přivádí ke konstantní hodnotě  $= 0^\circ$   
změnou modulační frekvence. Pozorování  
kompenzačním způsobem minima.

Rozdíl fází se přivádí ke konstantní hodnotě  
 $90^\circ$  nebo  $270^\circ$  zapojením elektrické linie  
zpoždění kalibrované v délkové míře.

Indikace konstantního fázového rozdílu.

Okem pozorovatele.

Nulovým detektorem spojeným s ampérmetrem.

### 3. Rozbor výsledků měření

Výsledky měření fázovými elektrooptickými dálkoměry SVV - 1 i NASM - 3 jsou zatíženy chybami přístrojovými, osobními a chybami v určení rychlosti světla v okamžiku měření. V naší stati se nebudeme zabývat chybami v určení rychlosti světla, které jsou společné všem elektronickým dálkoměrům. Při přezkušování dálkoměrů na geodetických základnách je nutné snížit tuto chybu na minimum

- volbou pokud možno krátkých základen. Meteorologické faktory se určují na obou koncích měřené vzdálenosti a nejistota v jejich určení podél měřené vzdálenosti se bude zmenšovat při zkracování základny.
- měřením vzdálenosti při různých meteorologických podmínkách.

Přístrojové chyby lze rozdělit na chyby v určení modulační frekvence a v určení fáze.

#### a) Chyby v určení modulační frekvence u dálkoměrů SVV - 1:

SVV - 1 pracuje s proměnnou modulační frekvencí. Modulační frekvence se měří vlnoměrem přibližně v okamžiku, kdy měřič odpozoroval minimum přijatého světla. Určení frekvence je zatíženo chybami způsobenými vlnoměrem a intervalem mezi okamžikem pozorování minima světelného toku a změřením příslušné modulační frekvence vlnoměrem.

Nepřesnost vlnoměru je způsobena nepřesností křemenného oscilátoru (10 MHz) a nepřesností cejchování stupnice vlnoměru. Křemenný oscilátor je nutno pravidelně etalonovat srovnáním s etalonní frekvencí (například frekvence 10 MHz vysílaná rádiovou stanicí RVM – Moskva s přesností  $= 2 \cdot 10^{-8}$ ). Podle našich pozorování se frekvence vlivem stárnutí křemenného krystalu, otřesu při přesunech v poli apod. měnila během měsíce o méně než  $\pm 5$  Hz, což odpovídá relativní chybě ve výsledku měření  $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ . U nového přístroje, kde stárnutí křemenného krystalu může probíhat intenzivněji, je třeba empiricky určit časový interval mezi etalonováním, během kterého změna frekvence křemenného oscilátoru nepřevyšuje  $\pm 10$  Hz. Cejchování stupnice vlnoměru se provádí srovnáním harmonických heterodynního vlnoměru (50–80 harmonická) s frekvencí křemenného oscilátoru (10 MHz) a lineární interpolací těchto údajů na příslušnou část stupnice. Pro kontrolu přesnosti cejchování části stupnice jsme využili slyšitelné harmonické vyššího řádu. Podle našich pozorování v části stupnice odpovídající frekvenci 9600–9640 kHz (nebo 10360 – 10400 kHz) vznikaly při cejchování systematic-

ké chyby velikosti do  $\pm 40$  Hz se stejným počtem kladných i záporných hodnot. Tímto způsobem u našeho vlnoměru bylo určeno, že při použití prověřené části stupnice a při pozorování na 4 frekvencích, chyba výsledku způsobená chybou v cejchování stupnice je menší než  $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ . Je vhodné u každého vlnoměru přezkoušet tímto způsobem přesnost kalibrování stupnice a pro měření délek větších než 5 km stanovit frekvence použitelné pro měření. Při požadované vyšší přesnosti nebo při výkyvech v teplotě vzduchu je nutné prověřit hodnoty cejchování jeho opakováním v době měření pro použitou část stupnice. U zkoumaného vlnoměru rozdíly intervalu mezi dvěma sousedními kontrolními body dosáhly i více než 60 Hz při opakovaném cejchování za různých meteorologických podmínek v průběhu jednoho roku.

Rozdíl mezi skutečnou modulační frekvencí a frekvencí změřenou vlnoměrem (vlnoměr pokládáme v tomto případě za bezchybný) záleží na časovém intervalu, za který lze změřit frekvenci. Doba u zkušebního měřiče je menší než 20 s. Rozdíly dosahovaly u našeho přístroje hodnoty  $\pm 15$  Hz a prakticky při neustále se měnících vnějších okolnostech při velkém počtu měření se plně kompensují. Generátor modulačního napětí je neprodyšně uzavřen. Má zajišťovat stabilitu frekvence v mezích  $2-3 \cdot 10^{-6}$  za 1 min. Při zkoumání přístroje je nutné při pomoci vlnoměru zjistit skutečnou stabilitu frekvence generátoru modulačního napětí.

#### b) Chyby v určení modulační frekvence geodimetru NASM - 3:

Modulační frekvence u geodimetru NASM - 3 jsou fixní (v mezích stability frekvence křemenného oscilátoru). U zkoumaného geodimetru je základní modulační frekvence  $F_1 = 1498,500$  kHz. Etalonování křemenného oscilátoru (srovnáním s etalonní frekvencí 10 MHz) podle našich zkušeností je možné provádět  $2 \times$  za rok, obvykle na začátku a na konci polních prací. Změna frekvence u našeho přístroje za 9 měsíců byla 2–3 Hz. U nového přístroje je nutné ověřovat stabilitu křemenného oscilátoru etalováním přibližně  $1 \times$  za 2 měsíce. Geodimetr NASM - 3 pracuje ještě s pomocnou modulační frekvencí  $F_2$  vyšší asi o 2,5% než základní frekvence  $F_1$ . Křemenný oscilátor pomocné frekvence není opatřen zařízením pro etalonování. (Frekvence sama není násobkem některé z etalonních frekvencí). Vysoká stabilita křemenného krystalu zajišťuje přesnost nutnou pro výpočet čísla  $n$  v rovnici

$$D = n \frac{\lambda}{4} + L \quad (2)$$

uvedené v [6] jako základní rovnici pro určení délky při měření geodimetrem.

#### c) Chyby v určení fáze:

Určení fázového rozdílu vysílaných a odražených světelných signálů je zatíženo komplexem systematických i náhodných chyb, které jsou vyvolány řadou jevů, jež nelze přesně analyzovat. Fázoměry středních dálkoměrů jsou konstruovány tak, že ukazují výslednou střední hodnotu řady nepřetržitých měření. Tím se kompenzuje mnoho náhodných chyb malé absolutní hodnoty vyvolaných například ne přesně harmonickou modulací světelného vlnění, změnou spektrálního stavu modulovaného světla, změnou intenzity odraženého světla a chyb vzniklých působením šumů elektronek, temného proudu fotonásobiče, změny elektrického napětí apod. na elektrické signály.

Ve výsledku měření se projeví především chyby způsobené vlivem stálých nebo zvolna se měnících faktorů na fázoměry a indikátory fáze. Jejich charakter i velikost závisí na typech těchto přístrojů, na vlivu obklopujícího prostředí, zejména teploty vzduchu, na změnách elektrického napětí, na osobních chybách pozorovatelů apod. Tyto chyby jsou převládající a často systematicky ovlivňují výsledek měření. Jejich rozbořením se budeme zabývat.

#### d) Chyby v určení fáze dálkoměrem SVV - 1:

Střední chybu v určení fáze  $m$  je možné určit z výsledků měření dálkoměrem vzdálenosti  $D$  na základě známého vztahu mezi fází  $\varphi$  a úhlovou rychlostí  $\omega$ , kde

$$\varphi = \omega t .$$

Se zřetelem na tento vztah platí pro měření dálkoměry vztah

$$\varphi = 2\pi f \frac{2D}{c} \quad (3)$$

Po diferencování rovnice (3) podle proměnné  $f$  přejdeme k určení střední chyby  $m_\varphi^\circ$  ve stupních

$$m_\varphi^\circ = \frac{2\pi \cdot 2D}{c} \rho^\circ \cdot m_f$$

Střední chyba v určení frekvence  $m_f$  byla určena z disperze 9 skupin měření v jedné sérii (viz metodika měření s SVV - 1). Střední chyby  $m_\varphi^\circ$  byly vypočítány pro 50 sérií při měření délek 1–5 km a jejich hodnota se pohybovala od  $\pm 1,2^\circ$  do  $\pm 2,3^\circ$ . Střední chyba v určení fáze jedné měřické skupiny  $m_\varphi^\circ$  je zhruba  $\pm 2^\circ$ , což odpovídá 8–10 cm v délkové míře.

Při určení fáze se vyskytovaly systematické chyby osobní a chyby způsobené neidentičností dvojice Kerrových modulátorů.

Identifikace minima světelného toku se provádí okem a závisí na vlastnostech pozorovatele. Při měření vzdáleností bylo zjištěno, že některá naše pozorování byla systematicky ovlivňována smyslem ladění oscilátoru modulačního napětí. Při otáčení ručkou pro ladění ve směru pohybu hodinových ručiček byla odečítána vyšší frekvence (ručka byla více strhována.) Při otáčení ručkou v protisměru nebyla ručka dotahována a odečítaná frekvence byla také vyšší. Ve výsledcích se tato chyba systematicky projevovala hodnotou asi  $-6$  cm při měření vzdálenosti 5 km. Hodnota této systematické chyby se zmenšuje při růstu měřené délky (při ladění se ručkou pohybuje v malých mezích), zvětšuje se při malé hloubce modulace a při rychle se opakujícím pozorování minima světla. Skutečnost, že oko pozorovatele snadno podléhá vlivům jiných smyslů člověka, je možné ukázat na dvou dalších případech, které se u nás vyskytly při měření s SVV - 1: 1. jestliže pozorovatel slyší nulové záznamy vlnoměru, které odpovídají předcházejícímu pozorování, identifikuje minimum přibližně na stejném místě. 2. při použití modulační frekvence blízko konce jejího rozsahu, kdy není možno s obou stran přibližovat se k minimu světla stejně, fáze byla námi určována se stálou systematickou chybou.

Chyby způsobené neidentičností použité dvojice Kerrových kondenzátorů. Dvojice kondenzátorů se vybírají podle elektrooptické charakteristiky (napětí ve voltech, odpovídající maximu charakteristické křivky modulátoru). Neidentičnost použité dvojice kondenzátorů v praxi je způsobena omezenou přesností při určení charakteristiky na závodě (přibližně  $\pm 50$  V), rozdílnou inerční schopností Kerrových kondenzátorů a nepřesností geometrických rozměrů kondenzátorů. K těmto vlivům zahrneme i nesymetrické zapojení kondenzátorů v koncovém stupni generátoru modulačního napětí.

Neidentičnost elektrooptických charakteristik způsobuje zmenšení hloubky modulace i „zbytkové“ světlo při pozorování minima. Tím se snižuje přesnost v určení fáze. Inerční schopnost Kerrových kondenzátorů (řádu  $1 \cdot 10^{-9}$  sek) a nepřesně symetrické zapojení kondenzátorů mohou způsobit konstantní chyby řádu několika mm. Při přesných měřeních základem odstraňuje se tato chyba změnou funkce vysílacího a přijímacího systému dálkoměru.

Nepřesné geometrické tvary některých kondenzátorů způsobují, že světelný paprsek neprochází přesně středem Kerrova kondenzátoru nebo kolmo na směr siločar jeho elektrického pole. Působením nehomogenosti elektrického pole kondenzátoru může být posunuta fáze modulovaného světla. Při měření délek 5 a 8 km byla výsledná délka při pozorování nestředového svazku paprsků modulovaného světla systematicky kratší o hodnoty do 7 cm. Poněvadž výsledky pozorování jsou ovlivněny pozorovatelem, nepodařilo se analyzovat, zda chyba je způsobena vlivem nehomogenosti elektrického pole kondenzátoru, či osobní chybou pozorovatele. Z těchto důvodů doporučujeme provádět přípravu pozorovatele i přístroje (s určenou dvojitou Kerrových kondenzátorů na geodetické základně.

e) *Chyby v určení fáze geodimetrem NASM - 3:*

Střední chybu v určení fáze  $m_{\varphi}^{\circ}$  jedné měřické série jsme určili ze známého vztahu

$$m_{\varphi}^{\circ} = \frac{4,180^{\circ}}{\lambda} m_D \quad (4)$$

kde  $m_D$  — střední chyba měřické série v délkové míře, která byla vypočtena z disperze jednotlivých sérií.

Střední chyba  $m_D$  při našich pozorováních se pohybovala při dobré viditelnosti od  $\pm 2$  cm do  $\pm 8$  cm pro měřené délky 20 až 14 km (pro pozorování v průběhu jedné noci). Střední chyba  $m_{\varphi}^{\circ}$  určená ze vztahu (4) dosahuje hodnoty několika desetin stupně a svědčí o vysoké přesnosti určení fáze parafázni metodou, použitou u geodimetru.

Určení fáze je však spojeno s řadou systematických chyb fázoměru, které při měření velkého počtu různých vzdáleností nabývají charakteru nahodilých chyb.

Chyby fázoměru jsou v podstatě chyby v jeho kalibrování. Hrubé fázovací členy byly kalibrovány na závodě s přesností  $\pm 3$  cm. Výsledky kalibrace jsou uvedeny jako 11 součtových konstant geodimetru. Podle výsledků našeho přezkoušení je dostatečné provádět kalibraci hrubých fázovacích členů jedenkrát pro celou sezonu polních prací v podmínkách přibližně střední teploty vzduchu v době použití geodimetru. Kalibrace se provádí měřením 11 krátkých základen o délce 20, 25 . . . . . 65 m (s intervalem 5 m). Pro dosažení přesnosti  $\pm 3$  cm byl sestaven program pro kalibrování, který pozůstává z 8 měřických sérií. Hodnoty kalibrace je nutné prověřit jednou za 2–3 měsíce změřením základny 50 m, zejména při změnách teploty o  $\pm 10^{\circ}$  vzhledem k teplotě vzduchu v době původního kalibrování.

Ačkoliv konstrukce elektrické linie zpoždění kompenzuje vliv změny teploty prostředí na elektrické parametry linie, změna teploty o  $20^{\circ}$  C působí změnu v určované délce asi o 6 cm. Tato hodnota se týká celé linie zpoždění (50 m) a úměrně se zmenšuje s klesáním velikosti doměrku  $L$  v rovnici (2). Při změně teploty o více než  $\pm 10^{\circ}$ , je nutno prověřit linii zpoždění na 50 metrové základně a opravit součtové konstanty.

Linie zpoždění jako celek je možné prověřit i z výsledků měření délky vnitřní optické základny přístroje. Podmínkou je dostatečný počet měření (20–30 sérií) při teplotě vzduchu pohybující se v mezích  $\pm 5^{\circ}$  C. Vnitřní optická základna představuje délku asi 0,50 m, ale i fiktivní délku  $\frac{1}{4} \lambda + 0,50$  m = 50,50 m. Rozdíl v délkách optické linie změřených při zapojeném hrubém fázovacím členu „50“ a „0“ má být 50 m. Oba údaje pro kontrolu linie zpoždění se získávají z první a třetí (nebo páté) řady každé měřické série. Etalonní délkou je v tomto případě  $\frac{1}{4} \lambda$  ( $\frac{1}{4}$  modulované délky vlny).

Kalibrování jemného fázovacího členu se provádí při každé měřické sérii. Střední chyba v kalibrování je přibližně téhož řádu jako střední chyba v kalibrování hrubých fázovacích členů. Jemný fázovací člen (proměnný vzdušný kondenzátor) není hermeticky uzavřen. Při nárazovém větru změnou jeho elektrických parametrů (i změnou elektrických parametrů některých jiných neuzavřených částí linie zpoždění) vznikají v sérii nahodilé chyby velikosti do  $\pm 5$  cm.

f) *Osobní chyby:*

Osobní chyby se projevují u dálkoměru SVV - 1 při určení fáze. Vliv spektrální citlivosti oka na chybu měřené vzdálenosti je teoreticky rozebrán v [4], str. 509, 510. Prakticky je tato chyba zahrnuta v chybě určení rychlosti světla. Závažnými chybami jsou systematické osobní chyby při určení fáze, kterým je nutno předcházet přípravou, popřípadě výběrem pozorovatelů.

Osobní chyby při měření geodimetrem NASM - 3 nebyly zjištěny.

#### 4. **Ověřování přístrojů na základnách**

Ověřování činnosti dálkoměrů se provádí na geodetických základnách či stranách rozvinovací sítě, určených s chybou podstatně nižší, než je přesnost ověřovaných dálkoměrů.



Kromě ověřování nových typů přístrojů, které se provádějí na řadě základů velkým počtem měřických sérií, je nutno ověřovat dálkoměry při jejich běžné přípravě k polním pracím nebo v jejich průběhu.

Při sestavování metodiky ověřovacího měření pro přípravu k polním pracím je nutno vycházet z těchto požadavků:

1. Modulační frekvence dálkoměrů musí být srovnána s etalonní před zahájením vlastního měření. Přezkušování modulační frekvence měřením základny nemá smysl, poněvadž u středních dálkoměrů převažuje chyba v určení fáze chybu v určení frekvence při měření vzdálenosti do 8–10 km.

Při měření vzdálenosti nad 8–10 km výsledky jsou značně ovlivněny nejistotou v určení meteorologických faktorů.

2. Využít základnu minimální délky, splňující účel přezkoumání přístroje.
3. Možnost odstranění zkušebních měření na geodetické základně.

#### a) Ověřování činnosti dálkoměru SVV - 1 na geodetické základně:

Poněvadž indikace fáze pozorovatelem je podmínkou pro činnost přístroje, je nutné, aby přezkoušení prováděl sám měřič a to s dvojicí Kerrových kondenzátorů, které budou použity při praktickém měření v poli. Protože charakter indikace fáze pro měřiče se mění s velikostí měřené vzdálenosti, je vhodné, aby délka základny se přiblížila měřeným vzdálenostem. Na základě našich úvah doporučujeme délku základny 5–8 km a tuto metodiku měření: 4 programy měření (uvedené v odst. 2) v průběhu 2 nocí. Při pozorování je třeba po 2 odpozorovaných sériích pravidelně měnit funkci vysílacího a přijímacího systému. Jestliže relativní chyba konečného výsledku je větší než  $\pm \frac{1}{200\,000}$ , je třeba měření opakovat a na podkladě výsledků stanovit vhodnost měřiče i přístroje pro polní práce.

Jednoduché ověřování činnosti SVV - 1 lze provést srovnáním několika dálkoměrů i pozorovatelů na základně neznámé délky.

#### b) Ověřování činnosti geodimetru NASM - 3 na geodetické základně

Poněvadž určení fáze při dobré viditelnosti, prakticky nezáleží na velikosti měřené vzdálenosti, je možno přezkušovat geodimetr na krátké základně, podobně jako při kalibrování linie zpoždění. Vážnou otázkou je vliv změny fázové struktury světelného svazku, která se při měření na krátké vzdálenosti vlivem zaostření optické soustavy podstatně mění. Tento vliv byl pozorován při ověřovacích měřeních s geodimetrem NASM - 2A. Na př. v [7].

Při měření s geodimetrem NASM - 3 tento vliv nebyl pozorován, což lze vysvětlit:

1. menší přesností a rozsahem činnosti geodimetru NASM - 3;
2. volbou použitého odrazného systému, kterým v našem případě bylo značně rozptylující bezbarvé odrazové sklo, používané u silničních znaků (kotouč o průměru 5 cm).

Pro přezkoušení geodimetru NASM - 3 doporučujeme:

1. provést kalibraci všech 11 hrubých fázovacích členů na 11 krátkých základnách (20, 25, ..... 65 m) při střední teplotě vzduchu, kterou lze očekávat v době použití přístroje. Metodika měření: 8 měřických sérií pro kalibraci každého hrubého fázovacího členu;
2. ověřit činnost geodimetru na libovolné základně délkou do 5–8 km se současným změřením krátké základny (pomocné) odpovídající délky (např. délka základny = 4893,30 m délka pomocné základny 43,30 m). Délka pomocné základny vyplývá ze základní rovnice (2) geodimetru. Délka se měří komparovaným pásmem. Základnu je nutno volit tak, aby na jejím počátečním bodě bylo možno vytyčit pomocnou základnu.

Metodika měření: 8 měřických sérií pro určení délky základny a 8 měřických sérií pro určení krátké základny v průběhu 2 nocí. Chyba konečného výsledku 8 sérií měření základny

nemá přesáhnout  $\pm 5$  cm. Jestliže se konečný výsledek opraví o hodnotu získanou při měření pomocné základny, relativní chyba konečného výsledku nemá přesáhnout  $\approx \frac{1}{200\ 000}$ .

Jednoduché ověřování činnosti dálkoměru lze provádět na krátké základně určené komparovaným pásmem.

#### Literatura:

- [1] Posobije po rabotě so světodálnoměrom SVV-1. RIO - VTS, Moskva 1958.
- [2] Návod pro používání geodimetru NASM-3 fy AGA, Stockholm - Lidingö.
- [3] Bayer: Vojenský topografický ozbor č. 3-4/1956, str. 469-502.
- [4] Veličko, Vasiljev, Golosov: Vojenský topografický ozbor č. 3-4/1956 str. 503-517, překlad.
- [5] Nevosad: Vojenský topografický ozbor č. 1/1959, str. 26-64.
- [6] Horník: Vojenský topografický ozbor č. 1/1960 str. 28-39.
- [7] DeLong: Geodetický a kartografický ozbor č. 8/1960.
- [8] DeLong: Základy elektronických metod v geodesii. SNTL, 1957.
- [9] Kondraškov: Elektrooptičeskije dalnoměry, Moskva 1959.

Inženýr podplukovník Jaroslav Severa, VA

## Pohybové zákony setrvačníků používaných v gyroteodolitech

### Úvod

V nedávné době se začalo v měřické praxi používat přístrojů využívajících vlastnosti setrvačnicku - gyroskopu, která spočívá v tom, že rychle rotující setrvačnick ve vhodné konstrukční úpravě je schopen udržovat nebo vytyčovat v prostoru určitý směr. K těmto přístrojům patří gyroteodolit, pomocí něhož lze na stanovišti přímo měřit azimuty daných směrů, dále topografický připojovač, jehož podstatnou součástí je gyrokompas, a konečně ve fotogrametrii se používá gyrostabilizátorů, zajišťujících svislost osy záběru letecké fotokomory.

Vzhledem k tomu, že jmenované přístroje se již sériově vyrábějí a bude se jich používat i v naší praxi, bude účelné seznámit čtenáře se základními principy pohybu setrvačnicku a blíže si při tom povšimnout pohybových rovnic setrvačnicku použitého v gyroteodolitech.

### Základní pojmy

Obecně je setrvačnickem každé tuhé těleso, které se otáčí kolem pevného bodu. V určitém okamžiku otáčení existují v tělese další body, které jsou v klidu a leží na společné přímce, tzv. *okamžitě ose otáčení*. Rychlost otáčení tuhého tělesa kolem osy se udává *úhlovou rychlostí*  $\omega = d\varphi/dt$ , kde  $d\varphi$  je úhel, o který se otočí těleso za dobu  $dt$ . Úhlová rychlost je vektorem ležícím v okamžité ose otáčení a směřuje na tu stranu osy, z níž se otáčení jeví proti pohybu hodinových ručiček. *Moment setrvačnosti* tělesa kolem okamžité osy otáčení je vyjádřen rovnicí

$$E = \int r^2 dm ,$$

kde  $r$  udává kolmé vzdálenosti hmotných elementů  $dm$  od osy otáčení. Moment setrvačnosti je skalárem.

Součin úhlové rychlosti a momentu setrvačnosti je vektorem a nazývá se *točivostí* (impulsmomentem) kolem osy otáčení a označíme jej  $D$

$$D = E\omega$$

Točivost představuje rotační náraz, kterého je zapotřebí, aby se setrvačnick dostal z klidu do rotačního pohybu.

Těžištěm každého tělesa lze vést tři osy k sobě kolmé, přičemž kolem jedné osy je moment setrvačnosti největší, kolem druhé nejmenší a kolem třetí osy bude velikost momentu setrvačnosti ležet v mezích obou předchozích.

Tyto osy jmenujeme *hlavními osami setrvačnosti*. Označíme-li momenty setrvačnosti kolem zmíněných os písmeny  $A_0, B_0, C_0$  bude v obecném případě platit:

$A_0 > B_0 > C_0$ , čímž je definován *nesymetrický setrvačnick*.

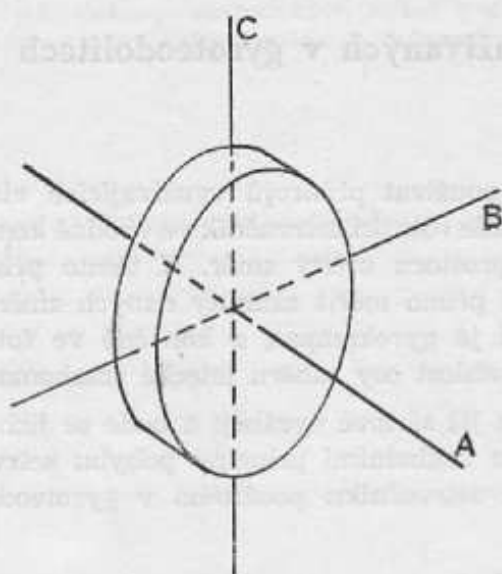
Ve zvláštních případech bude:

$C_0 = B_0 > A_0$  ..... pro setrvačnick *symetrický protáhlý*,

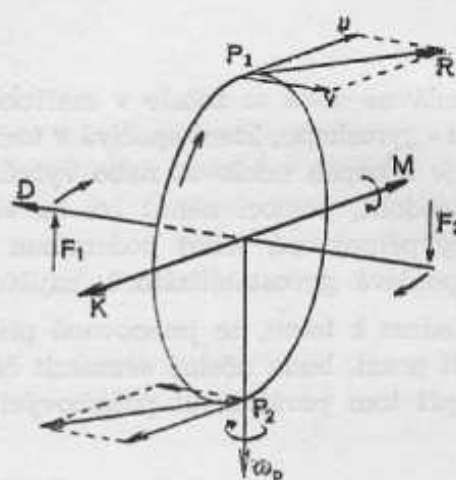
$C_0 = B_0 < A_0$  ..... pro setrvačnick *symetrický zploštělý*,

$C_0 = B_0 = A_0$  ..... pro setrvačnick *kulový*.

V gyroskopických přístrojích se používá symetrických setrvačnicků zploštěných, a proto se další úvahy budou týkat pouze tohoto druhu setrvačnicků. Ose, kolem níž je moment setrvačnosti největší ( $A$ ) budeme říkat *osa setrvačnicku* ( $A$ ) (obr. 1).



Obr. 1



Obr. 2

U dokonale zhotovených symetrických setrvačnicků jsou hlavní osy setrvačnosti současně osami symetrie a s osou  $A$  se ztotožní vektor točivosti i vektor úhlové rychlosti otáčení. Bude-li takovýto rychle rotující setrvačnick zbaven vlivu všech vnějších sil, bude jeho osa ve vesmíru zachovávat stále též směr, a to i tehdy, když setrvačnick bude konat postupný pohyb.

### Gyroskopický moment

Na obr. 2 je nakreslen symetricky zploštělý setrvačnick rotující kolem své osy. Vektor točivosti  $D = E\omega_s$  leží v tzv. *severní poloose*, odtud se otáčení setrvačnicku jeví v kladném smyslu. Na osu setrvačnicku at působí dvojice sil  $F_1$  a  $F_2$  ve směrech vyznačených šipkami, čili moment  $M$  této silové dvojice je kolmý k ose setrvačnicku a jako vektor směřuje též na tu stranu, ze které se sklonění osy setrvačnicku jeví v kladném smyslu.

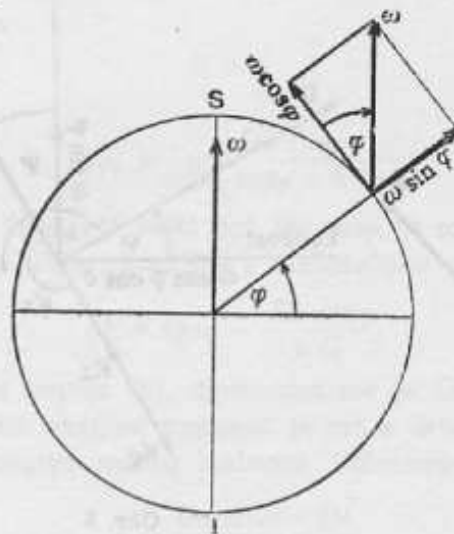
Zvolme dva body  $P_1$  a  $P_2$  na obvodu setrvačnicku. Jejich obvodová rychlost  $u$  v krátkém časovém úseku  $\Delta t$  bude působit ve směru tečny. Moment působící silové dvojice se snaží odklonit body rychlostí  $v$ , která má směr kolmý k rychlosti  $u$ . Obě rychlosti vektorově sečteny dávají výslednou rychlost  $R$ . Body  $P_1$  a  $P_2$  jsou taženy ve směru výsledné rychlosti. Poněvadž však nejsou volné, ale jsou spojeny s ostatními hmotnými body setrvačnicku, musí se celý setrvačnick natočit do směru výslednice. Toto natočení však následuje v každém dalším časovém úseku  $\Delta t$ , setrvačnick se začne otáčet kolmo ke směru působících sil, čili jeho osa se snaží splynout s osou vynuceného otáčení. Základní věta o pohybu setrvačnicku, který je pod účinkem vnější síly, tedy zní:

Působí-li na rychle rotující setrvačnick vnější síla, neodkloní se osa setrvačnicku ve směru působící síly, ale odkloní se kolmo na tento směr. Gyroskopický moment  $K$  je stejné velikosti jako moment  $M$  působící síly, ale je opačného směru a představuje vlastně sílu odporu, který osa setrvačnicku klade při pokusu dát jí jiný směr. Vztah mezi momentem působící síly, gyroskopickým momentem, točivostí setrvačnicku a úhlovou rychlostí  $\omega_p$  natáčení osy setrvačnicku do osy vynuceného otáčení lze napsat vektorovou rovnicí:

$$K = - M = D \times \omega_p \quad (1)$$

### Vliv rotace Země na pohyb setrvačnicku

Setrvačnick roztočený na vysoký počet obrátek a zavěšený na vlákne nebo umístěný v plovoucí kouli tak, aby jeho osa ležela v horizontální rovině je vystaven vlivu zemské přitažlivosti a rotace. Bylo řečeno, že osa setrvačnicku má snahu zachovávat ve vesmíru stále též směr vzhledem ke stálícím.



Obr. 3

Dejme tomu, že v určitém okamžiku pozorování je osa setrvačnicku vodorovná a její severní část směřuje k západu. Vlivem rotace Země mění horizontální rovina místa pozorování v následujících okamžicích svoji polohu; na západě se zdvihá a na východě klesá ve srovnání se svou předchozí polohou. Osa setrvačnicku, snažící se zachovávat stále svoji polohu, se tedy postupem času dostává na západě pod okamžitou horizontální rovinu a na východě se ocitne nad ní. Zemská přitažlivost vrací osu setrvačnicku zpět do okamžité horizontální roviny a na působení této síly setrvačnick odpovídá tím, že svoji osu otáčí tak, aby svírala se zemskou osou co nejmenší úhel, čili pohybuje se směrem do roviny místního poledníku. V důsledku setrvačnosti tohoto pohybu se osa setrvačnicku nezastaví v rovině místního poledníku, ale přejde přes ní na východ do určité krajní polohy. Tam se její severní konec dostane časem nad horizont, vlivem zemské přitažlivosti je vrácen do horizontální roviny a pohyb osy setrvačnicku se v opačném smyslu opakuje. Vykonává tedy osa setrvačnicku v tomto případě kyvadlový pohyb kolem místního poledníku a z krajních poloh osy setrvačnicku lze určit směr zemského poledníku místa pozorování. Bude-li na začátku pozorování severní část setrvačnicku směřovat k severu, ke kyvadlovému pohybu nedojde.

### Pohybové rovnice setrvačnicku

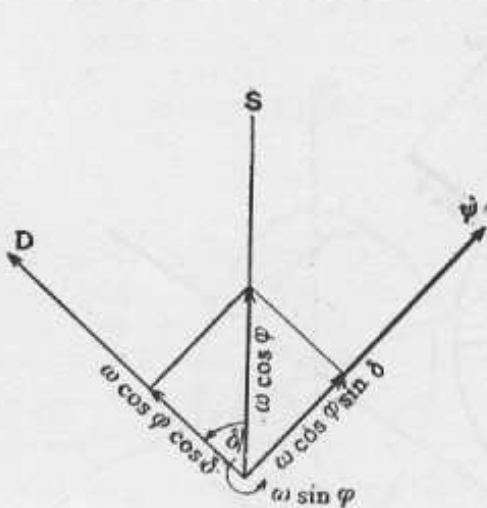
Pohyb osy setrvačnicku se určí pomocí úhlu,  $\delta$  který svírá severní část osy setrvačnicku s místním poledníkem, čili určují se jím tzv. azimutální kyvy a pomocí úhlu  $\psi$ , který svírá tatáž část osy s okamžitou horizontální rovinou, čili úhel  $\psi$  určuje vertikální kyvy. Abychom zjistili celkový vliv denního otáčení Země na chování setrvačnicku, rozložíme vektor  $\omega =$  úhlové rychlosti otáčení v daném místě pozorování o zeměpisné šířce  $\varphi$  na horizontální složku a vertikální složku (obr. 3).

Číselná hodnota vektoru  $\omega$  bude:

$$\omega = \frac{2\pi}{86.164,1} = 7,29212 \cdot 10^{-5} \text{ sec}^{-1} .$$

Ve jmenovateli zlomku je uveden počet hvězdných sekund. Horizontální složku  $\omega \cos \varphi$  rozložíme dále na složku spadající do směru vektoru točivosti  $D$  a do složky k ní kolmé do níž spadá vektor  $d\varphi/dt = \dot{\varphi}$  udávající časovou změnu úhlu  $\varphi$  (obr. 4).

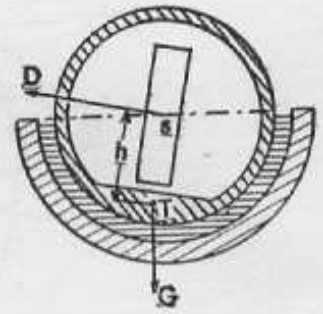
V obr. 5 je vyznačen kromě vertikální složky  $\omega \sin \varphi$  vektor  $\dot{\delta} = \frac{d\delta}{dt}$  udávající časovou změnu úhlu  $\delta$ , vektory  $K_1$  a  $K_2$  udávající gyroskopické momenty ve vertikální rovině a vektory  $K_3, K_4, K_5$  udávající gyroskopické momenty v horizontální rovině, (jsou kolmé k rovině nákresu).



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6

Gyroskopické momenty se vyjádří jako vektorové součiny točivosti  $D$  s jednotlivými složkami vektoru  $\omega$  a úhlovými rychlostmi  $\dot{\delta}$  a  $\dot{\varphi}$ . Viz rovnici (1).

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= D \times \omega \cos \varphi \sin \delta & K_1 &= D\omega \cos \varphi \sin \delta \\ K_2 &= D \times \dot{\varphi} & K_2 &= D\dot{\varphi} \\ K_3 &= D \times \omega \cos \varphi \cos \delta & K_3 &= D\omega \cos \varphi \cos \delta \sin \psi \\ K_4 &= D \times \omega \sin \varphi & K_4 &= D\omega \sin \varphi \cos \psi \\ K_5 &= D \times \dot{\delta} & K_5 &= D\dot{\delta} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Abychom mohli sestavit úplné rovnice určující pohyb severní části osy setrvačníku, je třeba stanovit napřed momenty působících sil, které vyplývají ze způsobu uložení setrvačníku. Omezíme se zde jen na jeden způsob uložení a to uložení v plovoucí kouli, jak je tomu např. u sovětského gyroteodolitu (sovětský název gyrokompas) MV-1, který je v současné době v ČSSR v používání. Při tomto způsobu uložení se uplatňuje tzv. stabilizující moment

$$M = h G \sin \psi \quad (3)$$

$G$  je váha plovoucí koule včetně setrvačníku,

$h$  je vzdálenost středu otáčení  $S$  od težiště  $T$  plovoucího zařízení (obr. 6).

V dalším označíme moment setrvačnosti celého plovoucího systému kolem horizontální osy písmenem  $B$  a kolem vertikální osy písmenem  $C$  (poloha os při nerotujícím setrvačníku). Osy setrvačnosti se ztotožňují s vektory otáčení  $\dot{\varphi}$  a  $\dot{\delta}$ .

Časové změny točivosti systému kolem zmíněných os setrvačnosti

$$C \frac{d\dot{\delta}}{dt} = C\ddot{\delta}, \quad B \frac{d\dot{\varphi}}{dt} = B\ddot{\varphi}$$

musí být rovny součtu působících momentů, tedy:

$$\begin{aligned} C\ddot{\delta} &= -K_1 - K_2 \\ B\ddot{\psi} &= -K_3 + K_4 + K_5 - M \end{aligned} \quad (4)$$

a po dosazení z rovnic (2) a (3) bude:

$$\begin{aligned} C\ddot{\delta} + D\omega \cos\varphi \sin\delta + D\dot{\psi} &= 0 \\ B\ddot{\psi} + D\omega \cos\varphi \cos\delta \sin\psi - D\omega \sin\varphi \cos\psi - D\dot{\delta} + h G \sin\psi &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Tyto diferenciální rovnice ukazují, že nastává kývání osy setrvačnicku kolem nulových poloh  $\delta_0$  a  $\psi_0$ , které najdeme z rovnic (5) když položíme derivace rovné nule.

$$\begin{aligned} D\omega \cos\varphi \sin\delta_0 &= 0 \\ D\omega \cos\varphi \cos\delta_0 \sin\psi_0 - D\omega \sin\varphi \cos\psi_0 + h G \sin\psi_0 &= 0 \end{aligned}$$

Z první rovnice plyne ihned, že

$$\delta_0 = 0$$

a z druhé

$$\operatorname{tg}\psi_0 = \frac{D\omega \sin\varphi}{D\omega \cos\varphi + h G}$$

Poněvadž  $h G$  bývá asi 2000krát větší než  $D\omega \cos\varphi$ , je možno první člen ve jmenovateli vypustit a pro nulovou polohu úhlu obdržíme s dostatečnou přesností vztah:

$$\psi_0 = \operatorname{tg}\psi_0 = \frac{D\omega \sin\varphi}{h G} \quad (7)$$

Než přistoupíme k integrování rovnic (5), zjednodušíme je. Úhel  $\psi$  nebývá větší než několik minut, a proto můžeme z druhé rovnice vypustit první a druhý člen, oba mají ve srovnání s posledním členem rovnice mizivě malou hodnotu. Položíme-li  $\operatorname{tg}\psi = \psi$ , bude

$$\psi = \frac{D\omega \sin\varphi + D\dot{\delta}}{h G}$$

S použitím rovnice (7) dostaneme:

$$\psi = \psi_0 + \frac{D}{h G} \cdot \dot{\delta} \quad (8)$$

Dosadíme-li takto vyjádřené  $\psi$  do první z rovnic (5) bude pro malé  $\delta$  platit:

$$\left( C + \frac{D^2}{h G} \right) \ddot{\delta} + D\omega \cos\varphi \cdot \delta = 0$$

Moment setrvačnosti  $C$  je mizivě malý oproti  $D^2/h G$ , proto jej můžeme vypustit, aniž by tím přesnost výsledku utrpěla. Zjednodušená rovnice bude po úpravě:

$$D\ddot{\delta} + h G \cos\varphi \cdot \delta = 0 \quad (9)$$

Tuto diferenciální rovnici budeme řešit substitucí:

$$\delta = a \cos\sigma t, \quad (10)$$

tedy:

$$\dot{\delta} = -a\sigma \sin\sigma t; \quad \ddot{\delta} = -a\sigma^2 \cos\sigma t.$$

Dostaneme:

$$D a \sigma^2 \cos\sigma t = h G \omega \cos\varphi \cdot a \cos\sigma t$$

a po vykrácení rovnice obdržíme v soulase s teorií kyvů kmitočet

$$\sigma = \sqrt{\frac{h G \omega \cos\varphi}{D}} \quad (11)$$

$$\text{a dobu kyvu } t_0 = \frac{2\pi}{\sigma} = 2\pi \sqrt{\frac{D}{h G \omega \cos\varphi}} \quad (12)$$

V rovnici (10), jež je rovnicí harmonického pohybu je činitel  $a$  amplitudou azimutálních kyvů; označíme-li jej  $\delta_1$ , bude úhel  $\delta$  určen rovnicí

$$\delta = \delta_1 \cos \sigma t \quad (13)$$

Rovnici určující  $\psi$  dostaneme, dosadíme-li  $\delta$  z rovnice (13) do rovnice (8) a využijeme-li vztahů z rovnic (11) a (7). Bude tedy

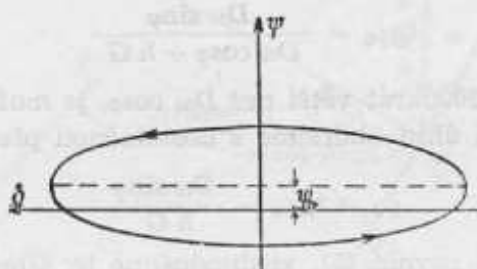
$$\psi = \psi_0 - \sqrt{\psi_0 \cotg \varphi} \cdot \delta_1 \sin \sigma t \quad (14)$$

Ze srovnání rovnice (13) a (14) s parametrickou rovnicí elipsy

$$x = a \cos t ; \quad y = b \sin t$$

plyne, že severní konec osy setrvačnicku opisuje elipsu (obr. 7), jejíž střed leží v bodě  $\delta = \delta_0 = 0$ ;  $\psi = \psi_0$  a jejíž délky poloos jsou v poměru

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{\sqrt{\psi_0 \cotg \varphi}}$$



Obr. 7

Jak již bylo řečeno, je  $\psi_0$  veliké několik minut, proto je elipsa opisovaná koncem osy setrvačnicku pro naši zeměpisnou šířku velice úzká a v obr. 7 je vedlejší osa 10krát zvětšena.

### Závěr

Pohyb osy setrvačnicku umístěného v plovoucí kouli jsme určili pomocí úhlu  $\delta$  sevřeného osou setrvačnicku a místním poledníkem, pomocí úhlu  $\psi$ , který osa setrvačnicku svírá s horizontální rovinou, kmitočtem  $\sigma$  a dobou kyvu  $t_0$ .

$$\delta = \delta_1 \cos \sigma t ; \quad \psi = \psi_0 - \sqrt{\psi_0 \cotg \varphi} \cdot \delta_1 \sin \sigma t$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{h G \omega \cos \varphi}{D}} ; \quad t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{D}{h G \omega \cos \varphi}}$$

Velikost síly přivádějící osu setrvačnicku do směru místního poledníku udává gyroskopický moment  $K_1 = D \omega \cos \varphi \sin \delta$

Rozborem těchto rovnic dojdeme k závěru:

Pro určení směru místního poledníku mají rozhodující význam tzv. azimutální kyvy určené úhlem  $\delta$ . Z krajních poloh severní části osy setrvačnicku se dá určit sever.

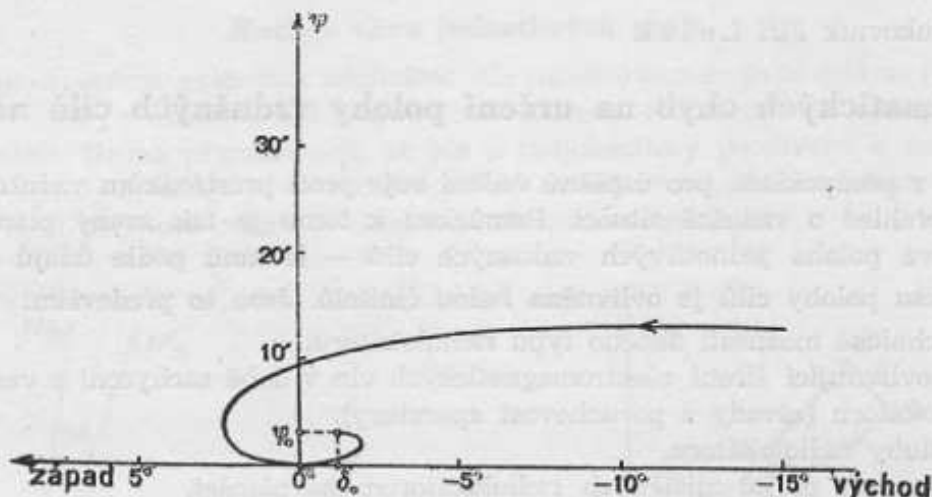
Při konstruování gyroteodolitu je snaha, aby azimutální kyvy nebyly ničím tlumeny, kdežto u gyrokompasů se používá tlumících zařízení, která mají tlumit kývání osy setrvačnicku. Při tlumených kyvech neopisuje konec osy setrvačnicku elipsu, ale eliptickou spirálu (obr. 8) a osa setrvačnicku se nezastaví přesně v rovině místního poledníku. Nulová poloha  $\delta_0$  osy setrvačnicku je funkcí zeměpisné šířky, závisí na tlumícím koeficientu a lze ji tabelovat.

V tom je též základní rozdíl mezi gyroteodolity a gyrokompasy. Úhel  $\psi$  nemá pro orientaci význam a je vždy nepatrný.

Přesnost určení severního směru závisí na gyroskopickém momentu  $K_1$ . Ze vzorce plyne, že  $K_1$  roste s točivostí setrvačnicku ( $D = A \omega_s$ ), s úhlem  $\delta$  a klesá se zeměpisnou šířkou.



Točivost setrvačnicku nelze zvyšovat neomezeně — velká váha setrvačnicku je nežádoucí a počet obrátek je omezen kvalitou ložisek. Kromě toho neúměrným zvětšením  $D$  bychom prodlužovali dobu kyvu  $t_0$  a tím by se prodlužovalo celé měření. Dobu kyvu lze zkrátit zvětšením vzdálenosti ( $h$ ) středu setvačnicku od těžiště plovoucího zařízení. Snadněji lze zvětšit  $h$  u setrvačnicků zavěšených na vlákne, kde  $h$  je vzdálenost těžiště od závěsného bodu. Při tomto způsobu umístění setrvačnicku však přistupuje k působícím silám torzní moment vlákna. Setrvačnickové teodolity dnes vyráběné dosahují přesnosti ve vytyčení místního poledníku na pevném stanovišti řádově desítky vteřin a jsou dále zdokonalovány.



Obr. 8

Tak např. sovětský gyroteodolit MV-1 z r. 1958 vykazuje přesnost 45'', doba měření na jednom stanovišti je  $\frac{3}{4}$  hod., přístroj váží bez příslušenství 26 kg a je vybaven pro důlní měření. Nový sovětský gyroteodolit vykazuje přesnost větší než 20''.

Německý gyroteodolit KT-1 z r. 1958 má přesnost jednoho měření 20'', doba měření na jednom stanovišti  $\frac{1}{2}$ –1 hod., váží 14 kg, s příslušenstvím 63 kg.

#### Přednosti gyroteodolitu:

Při polygonovém měření stačí měřit vrcholové úhly na každém druhém stanovišti. Pořad je i bez připojovacích směrů vždy na obou koncích usměrněn. Měřické chyby v úhlovém měření se nepřenáší dále. Pomocí gyroteodolitu lze bezpečně orientovat bez orientačních bodů a za každých pozorovacích podmínek směrové antény vysílačů VKV, děla a rakety.

Popis některých typů gyroteodolitů a způsob měření s nimi bude uveřejněn v některém příštím čísle VTO.

#### Literatura:

- [1] Müller - Pouillet: Lehrbuch der Physik I/1 - 1929.
- [2] Meldau - Steppes: Lehrbuch der Navigation I. a II. díl 1931.
- [3] Grammel: Gyroskop, jeho teorie a pramenění I. a II. díl 1952.
- [4] Friš - Timoreva: Kurs fyziky - I. - 1953.
- [5] Duda T.: Letecké přístroje 1956.
- [6] Vermessungstechnische Rundschau - 1959.

Inženýr podplukovník Jiří L e l e k

## Vliv systematických chyb na určení polohy vzdušných cílů na planšetu

Jedním z předpokladů pro úspěšné vedení boje proti prostředkům vzdušného napadení je dokonalý přehled o vzdušné situaci. Pomůckou k tomu je tak zvaný planšet, na který se zaznamenává poloha jednotlivých vzdušných cílů — letounů podle údajů radiolokátorů. Přesnost zákresu polohy cílů je ovlivněna řadou činitelů. Jsou to především:

- takticko-technické možnosti daného typu radiolokátoru,
- podmínky ovlivňující šíření elektromagnetických vln v době zachycení a vedení cíle,
- stav radiolokátoru (závady a poruchovost aparatury),
- činnost obsluhy radiolokátoru,
- metoda zobrazení prvků zjištěných radiolokátorem na planšet,
- podklady použité k sestrojení planšetu,
- osobní chyby kresličů-planšetistů.

Poloha vzdušného cíle v prostoru je dána polárními souřadnicemi, zjištěnými radiolokátorem. Jsou to azimut a dálka. Azimut je měřen od severní větve zeměpisného poledníku procházejícího stanovištěm radiolokátoru. Dálka je šikmá vzdálenost od radiolokátoru k cíli.

Planšet je v tomto případě stěna z průhledného materiálu, na které je v určitém měřítku zobrazen bráněný prostor a jeho okolí. Plocha planšetu je rozdělena na pole daná zpravidla sítí poledníků a rovnoběžek. Dále jsou na planšetu zakreslena stanoviště radiolokátorů a jiné potřebné údaje. Na planšet se kreslí mastnými tužkami pro kresbu na sklo. Kresba musí být natolik výrazná, aby ji bez obtíží mohly sledovat orgány velení, jejichž pracoviště je na druhé straně planšetu.

Cíl vyneseny na planšet podle údajů několika radiolokátorů se zpravidla zobrazuje několika body, tvořícími chybový obrazec. Příčinou toho je mimo jiné skutečnost, že cíl nebyl zachycen všemi radiolokátory ve stejném okamžiku. Při rychlostech dosahovaných v současné době letouny časový rozdíl jedné minuty znamená změnu dálky až o 10 kilometrů.

Obrazem dráhy cíle sledovaného několika radiolokátory má být v ideálním případě jediná čára. V praxi se však stává, že dráha cíle je zobrazena několika čarami. Jsou-li tyto čáry rovnoběžné a nepatrně od sebe vzdálené, zkušený pracovník pozná, že jde o jediný cíl. Někdy však čáry, zobrazující dráhu jednoho cíle jsou od sebe značně vzdáleny, případně jsou různoběžné. Vzniká pak nejistota, zda byl zachycen jen jeden cíl nebo několik cílů. To může nepříznivě ovlivnit rozhodování o způsobu a prostředcích boje proti vzdušným cílům.

Aby byly odhaleny některé příčiny nesouhlasu v zákresu polohy vzdušných cílů, byl proveden níže popsáný rozbor vlivu systematických chyb. V rozboru nejsou uvažovány chyby způsobené technickým stavem radiolokátoru a činností jeho obsluhy a osobní chyby planšetistů při zákresu polohy cílů na planšet.

Rozbor vlivu systematických chyb byl proveden za těchto předpokladů:

- cíl byl zachycen dvěma radiolokátory, které jsou v bezvadném stavu a jejich osádka pracovala naprosto správně,
- planšetista pracoval s největší možnou pečlivostí,

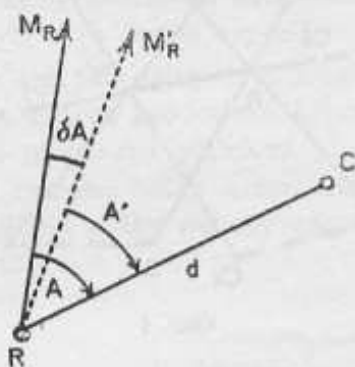
- na planšetu lze vzhledem k daným pomůckám dosáhnout grafické přesnosti 2 milimetrů,
- planšet je pořízen v měřítku 1 : 500 000.

Při rozboru chyb ovlivňujících správnost zákresu cíle na planšet nutno uvažovat:

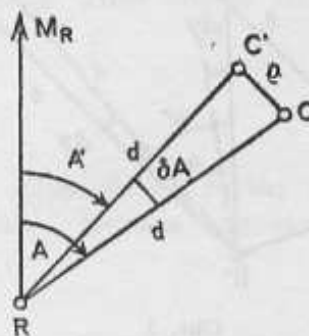
1. přesnost určení polárních souřadnic cíle radiolokátorem,
2. chybu v orientaci anteny radiolokátoru na stanovišti,
3. chybu v zákresu polohy stanoviště radiolokátoru na planšet,
4. chybu vzniklou zanedbáním opravy šikmé dálky na vodorovnou,
5. chybu vzniklou zobrazením geodetické křivky do roviny,
6. chyby vzniklé grafickým vynesemím na planšet.

### Rozbor vlivu jednotlivých chyb

1. *Přesnost určení polárních souřadnic cíle radiolokátorem* je závislá na typu radiolokátoru. Činí okolo 0,5° v azimutu, 0,5 kilometru v délce a 400 metrů ve výšce. U některých typů bývá i nižší. Nutno připomenout, že jde o radiolokátory používané k zachycení a vedení značně vzdálených cílů, tj. ve vzdálenosti od 50 kilometrů. Radiolokátory pro sledování blízkých cílů mají přesnost určení polárních souřadnic značně vyšší.



Obr. 1



Obr. 2

Z uvedených takticko-technických dat vyplývá, že poloha cíle je radiolokátorem určena s chybou asi 2 km v situaci, což odpovídá 4 mm na planšetu měřítkem 1 : 500 000. Vzhledem k rychlostem cílů a prostředkem používaným při zákresu nemůže být tato chyba příčinou nejasností o počtu zachycených cílů.

2. *Chyba v orientaci antény radiolokátoru na stanovišti.* Tato chyba způsobuje, že místo správného azimutu cíle  $A$  je změřen azimut  $A + \Delta A$ . Na planšetu je pak cíl vynášen pod nesprávným azimutem  $A'$ . Velikost posunu obrazu cíle je pak závislá na délce cíle, velikosti  $a$  znaménku chyby v orientaci antény a je dána vztahem

$$\rho = 2 \cdot d \cdot \sin \frac{\delta A}{2}$$

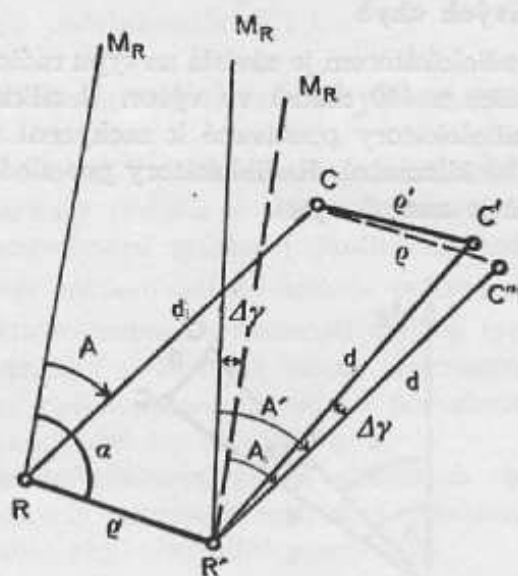
Velikost posunu  $\rho$  obrazu cíle pro délku  $d = 100$  km a různé hodnoty chyby v orientaci udává tabulka.

Tabulka 1

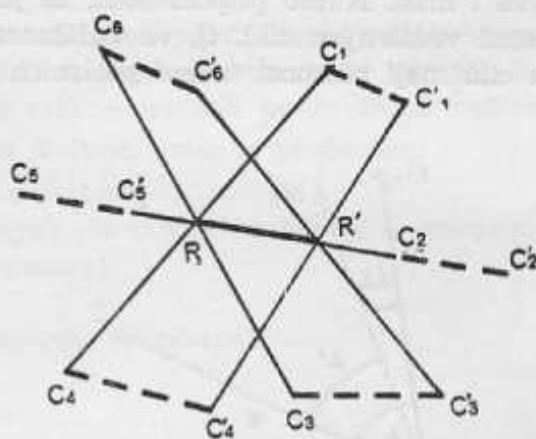
$A$	$\rho_{km}$	$\rho_{mm}$
1°	1,75	3,5
2°	3,49	7,0
3°	5,24	10,5
4°	6,98	14,0
5°	8,72	17,4

Jak vyplývá z tabulky, vliv chyby v orientaci antény radiolokátoru na velikost posunu obrazu cíle je značný a nelze jej zanedbat. Orientaci antény je proto třeba věnovat co možná největší péči.

3. *Chyba v zákresu polohy stanoviště radiolokátoru.* Poloha stanoviště radiolokátoru byla na planšetu nesprávně zakreslena do bodu  $R'$ . Správnou polohu stanoviště udává bod  $R$ . Oba obrazy stanoviště  $R$  a  $R'$  jsou od sebe vzdáleny o délku  $\rho$ , svírající s místním poledníkem úhel  $\alpha$ . Cíl  $C$ , vynesžený z nesprávného obrazu stanoviště  $R'$  pod azimutem  $A$  ve vzdálenosti  $d$  padl do bodu  $C'$  místo do bodu  $C$ . Body  $C$  a  $C'$  jsou od sebe vzdáleny o délku  $\rho'$ .



Obr. 3



Obr. 4

Posunutým obrazem stanoviště  $R'$  probíhá poledník  $M_{R'}$ , který s poledníkem  $M_R$  svírá úhel  $\Delta\gamma$ , což je rozdíl poledníkových konvergencí v bodech  $R$  a  $R'$ .

Poledníková konvergence závisí na vzdálenosti od základního poledníku a zeměpisné šířce uvažovaného bodu a je dána přibližným vzorcem

$$\gamma = \Delta\lambda^\circ \cdot \sin \varphi^\circ$$

Vliv rozdílu poledníkové konvergence na nesprávnost zákresu cíle závisí na velikosti a směru posunu nesprávného obrazu stanoviště. Pro posun = 10 km (2 cm na planšetu) ve směru rovnoběžky může se vliv rozdílu poledníkových konvergencí projevit hodnotou okolo 330 m, tj. 0,66 mm na planšetu. Při jiném směru posunu je tato hodnota menší až nulová. Kdyby všechny poledníky byly rovnoběžné (rozdíl poledníkových konvergencí by byl rovný nule), potom by obraz cíle vynesného z posunutého stanoviště padl do bodu  $C'$  a vliv chyby v zákresu stanoviště by se projevil v posunu obrazu cíle ve stejném směru a stejné velikosti.

Vliv rozdílu poledníkových konvergencí se projevuje zvětšením nebo zmenšením posunu a změnou směru posunu cíle v závislosti na změně azimutu. Průběh těchto změn ukazují obrázky 4.

Chyba z nesprávného zákresu stanoviště na planšet je tedy závislá na velikosti a směru posunu obrazu stanoviště, na azimutu a dálce cíle.

Velikost posunu obrazu cíle může dosáhnout hodnot větších, než je velikost posunu obrazu stanoviště.

4. *Chyba ze zanedbávání opravy šikmé dálky.* Dálka měřená radiolokátorem je šikmá vzdálenost cíle od radiolokátoru. Dráha, kterou elektromagnetický paprsek vyslaný radiolokátorem probíhá, je vlivem refrakce zakřivena. Její obraz na zemském povrchu lze považovat

za geodetickou křivku. Vztah mezi délkou  $D$  a délkou geodetické křivky  $d$  je složitý; pro náš rozbor postačí tento vzorec

$$D = \sqrt{(h_b - h_a)^2 + d \left( \frac{h_a + h_b}{R} + \frac{h_a \cdot h_b}{R^2} \right)}$$

kde značí  $h_b$  .... nadmořskou výšku stanoviště radiolokačtoru

$h_a$  .... nadmořskou výšku cíle

$R$  .... poloměr zeměkoule (6380 km).

Rozdíl  $D - d$  činí při  $h_a = 1000$  m,  $h_b = 11.000$  m

pro  $D = 80$  km .....  $D - d = 0,7$  km

$D = 200$  km .....  $D - d = 0,5$  km

Při výškách cíle okolo 20 000 metrů dosahuje rozdíl  $D-d$  při délce 200 km hodnot okolo 4 km, tj. 8 mm na planšetu.

Opravu šikmé délky na délku geodetické křivky možno zanedbat vzhledem k rychlosti cílů a grafické přesnosti, dosažitelné na planšetu. Ani při přesné práci na mapě by tato chyba nevedla k pochybnosti o počtu cílů.

5. *Chyba ze zobrazení geodetické křivky do roviny.* Tuto chybu lze považovat za souhrn tří chyb, a to chyby vzniklé

- zobrazením měřené délky z elipsoidu do roviny,
- nahrazením obrazu geodetické křivky přímkou,
- zobrazením poledníku přímkou.

Opravy měřené délky a azimutu při zobrazení z elipsoidu do roviny jsou závislé na vzdálenosti měřené délky od osy zobrazení a na její délce. Oprava azimutu závisí též na velikosti azimutu.

Tabulka 2

Azimut $A$	$\Delta A''$	Oprava délky $\Delta d$	
		m	mm
0	-101	97	0,2
45	- 55	48	0,1
90	0	33	0,1
135	+ 55	48	0,1
180	+101	97	0,2
225	+103	228	0,4
270	0	184	0,5
315	-103	184	0,4

Velikost těchto oprav pro délku 200 km, vycházející z bodu na okraji šestistupňového pásu je zřejmá z tabulky. Tabulka je sestavena za předpokladu, že uvažovaná délka může zasahovat i do sousedního pásu a že šestistupňový pás se v tomto případě rozšiřuje. Tím je vysvětlena i značná hodnota opravy délky v některých azimutech.

Chyba vzniklá zanedbáním opravy azimutu má hodnotu  $\Delta A \cdot d \cdot \text{arc } 1''$ ; pro největší  $\Delta A$  bude činit 100 m, čili 0,2 mm na planšetu. Opravu délky a azimutu měřené délky při zákresu na planšet možno tedy zanedbat.

Chyba z nahrazení obrazu geodetické křivky přímkou je závislá na vzdálenosti středu měřené délky od osy zobrazení a na její velikosti. Rozdíl délky geodetické křivky a tetivy pro délku 200 km ležící přibližně na okraji šestistupňového pásu činí přibližně 1 cm, tj. 2 stotisciny milimetru na planšetu.

Podkladem pro zhotovení planšetu je mapa středního měřítka zpravidla 1 : 500 000. Na mapách v příčném konformním válcovém zobrazení se poledníky zobrazují jako křivky,

pouze základní poledník je zobrazen přímkou. Výška oblouku obrazu poledníku nad tetivou bude na okraji šestistupňového pásu v území mezi  $4^\circ$  zeměpisné šířky činit 132 m, tj. 0,26 mm na planšetu. Vzhledem ke grafické přesnosti, dosažitelné na planšetu lze křivý obraz poledníku nahradit přímkou. Azimuty možno vynášet od kteréhokoli místa na obraze poledníku.

6. *Chyby z grafického vyhodnocení údajů radiolokátoru.* Údaje radiolokátoru, tj. azimut a délka se vynášejí na planšet bez jakýchkoli oprav. K zákresu cíle slouží tyto pomůcky: pravítko, připevněné k planšetu tak, aby jeho hrana procházela obrazem stanoviště radiolokátoru a dělený kruh, narýsovaný přímo na planšetu. Střed tohoto kruhu je v obraze stanoviště radiolokátoru, jeho poloměr je 30 až 50 cm. Rysky dělení kruhu mají tloušťku okolo 1 mm. Vzhledem k rychlosti, se kterou musí být zákres polohy cíle proveden, a k požadavku, aby zákres byl viditelný z druhé strany planšetu, nelze kresbu provádět s pečlivostí obvyklou při kresbě na mapách. Za předpokladu, že azimut délky 100 km je vyneseno s chybou  $1^\circ$  a délka sama s chybou 3 mm, potom při tloušťce čáry provedené mastnou tužkou rovné 2 mm nepřesahuje chyba v zákresu polohy jednoho cíle hodnoty 5 milimetrů. Při zákresu polohy cíle z údajů 2 radiolokátorů chyba z vynesení je menší než 1 centimetr, což není důvodem k pochybnostem o počtu cílů. Je však možné, že při grafickém vyhodnocení údajů radiolokátorů se uplatní i jiné chyby, pramenící z nedokonalostí v provedení planšetu, např. chyba z nesprávné orientace nuly děleného kruhu, sloužícího k vynášení azimutů. Tato chyba je obdobou chyby z nesprávné orientace antény radiolokátoru. Prostředkem k odstranění chyb pramenících z nedokonalostí planšetu je jednotné provedení planšetu na všech pracovištích podle určité předlohy.

### **Celkový vliv uvažovaných chyb na správnost zákresu polohy cíle**

Chyby ze zanedbání opravy šikmé délky na délku geodetické křivky, opravy délky geodetické křivky při zobrazení délky do roviny a z nahrazení křivého obrazu geodetické křivky přímkou způsobují, že cíl je vyneseno ve větší vzdálenosti od radiolokátoru, než ve skutečnosti je.

Zanedbáním opravy ze zakřivení poledníku na planšetu, opravy azimutu při zobrazení do roviny a z rozdílu poledníkových konvergencí se posune obraz cíle směrově v závislosti na znaménkách zanedbaných oprav.

Při vynášení cíle na planšet by se vliv těchto chyb neprojevil v takové míře, aby spolu s chybou v grafickém vyhodnocení údajů radiolokátoru vzbudily pochybnost o počtu cílů.

Chyby v zákresu polohy stanoviště radiolokátoru a v orientaci antény mohou však způsobit posun obrazu cíle o značné hodnoty. Při současném působení těchto chyb může se jejich vliv někdy do jisté míry kompenzovat, někdy se však jejich součet může projevit v plné hodnotě.

Například při  $d = 100$  km,  $A = 30^\circ$ , posunu stanoviště  $\rho = 10$  km pod azimutem  $\alpha = 120^\circ$  a chybě v orientaci  $\delta A = -4^\circ$  (naměřeno menší azimut) posun obrazu cíle činí 17 km, tj. 34 milimetry na planšetu. Při chybě v orientaci antény  $\delta A = +4^\circ$  (naměřeno větší azimut) činí posun obrazu cíle 3 km tj. 6 mm na planšetu.

Nesprávnost zákresu cíle se značně zvýší, je-li cíl vynášen z údajů dvou radiolokátorů, jejichž stanoviště nejsou na planšetu správně zakreslena a jejichž antény nejsou správně orientovány.

#### *Příklad:*

Radiolokátory  $R_1$  a  $R_2$  zachytily cíl ve stejném čase a zjistily délky  $d_1$ ,  $d_2$  a azimuty  $A_1$ ,  $A_2$ . Antény radiolokátorů jsou nesprávně orientovány; na  $R_1$  je chyba v orientaci  $\delta A_1$  na  $R_2$  pak  $\delta A_2$ . Obrazy obou stanovišť jsou na planšetu posunuty o stejnou hodnotu ve stejném směru ale s opačnými znaménky.

Při správném zákresu stanovišť radiolokátorů a správné orientaci antén by obraz cíle padl do bodu C. Při správné poloze obrazu stanovišť a chybně orientovaných anténách bude

cíl zobrazen na planšetu dvěma body  $C_1$  a  $C_2$ . Chybným zákresem stanovišť a chybnou orientací je cíl zobrazen body  $C'_1$  a  $C'_2$ .

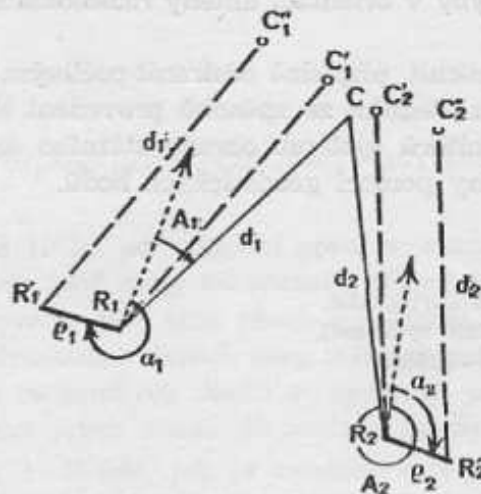
Pro  $d_1 = d_2 = 100$  km,  $A_1 = 60^\circ$ ,  $A_2 = 300^\circ$ ,  $\delta A_1 = \delta A_2 = 4^\circ$ ,  $\rho = 10$  km,  $\alpha_1 = 300^\circ$ ,  $\alpha_2 = 120^\circ$  při zanedbání rozdílů poledníkových konvergencí budou posuny cílů:

Při správném zákresu stanovišť

$C_1 C_2 = 12,9$  km, tj. 26 mm v měřítku planšetu

při posunutých stanovištích

$C'_1 C'_2 = 29,4$  km tj. 59 mm v měřítku planšetu.



Obr. 5

Z uvedeného příkladu je vidět, jak velkých hodnot může dosáhnout vzdálenost obrazů jednoho a téhož cíle za zvláště nepříznivých okolností.

Největším zdrojem pochybností o počtu zachycených cílů je tedy nesprávný zákres polohy stanoviště radiolokátoru na planšetu a chyba v orientaci antény radiolokátoru.

Chybu v zákresu polohy stanoviště lze snadno vyloučit přenesením polohy stanoviště z mapy velkého měřítka na mapu, která je podkladem pro zhotovení planšetu. Chybu v orientaci antény lze odstranit pouze v terénu provedením nové orientace antény.

### Orientace antény radiolokátoru

Orientace se provádí zpravidla busolovým teodolitem nebo busolou. Pracovní postup je dán příslušným předpisem. Zanedbání nebo nesprávné určení magnetické deklinace, stav použitého přístroje a malá měřická zkušenost pracovníka, provádějícího orientaci mohou být příčinou značných chyb v orientaci antény.

Orientaci lze provádět též na základě astronomických měření. Vliv magnetické deklinace je přitom vyloučen. Práce je však i při značně zjednodušeném pracovním postupu složitější, závislá na denní době a na povětrnostních podmínkách. Přesnost vytýčení zeměpisného poledníku se přitom pohybuje okolo 15–20 úhlových minut.

Dosud zmíněné způsoby orientace antény jsou vhodné pro práci v prostorech, kde není dostatečně hustá síť geodetických bodů nebo kde nejsou o ní žádné údaje k dispozici.

V prostorech, kde je dostatečně hustá síť geodetických bodů, je výhodné provádět orientaci antén radiolokátorů pomocí pravouhlých rovinných souřadnic. Při použití tohoto způsobu se jako vedlejší produkt získávají souřadnice stanoviště radiolokátoru. Znalost těchto souřadnic a údajů radiolokátorů o poloze cíle v určitém okamžiku mohou být podkladem pro přesnou rekonstrukci vzdušné situace, což je v některých případech (např. při narušení vzdušného prostoru) velmi důležité.

Orientaci antény radiolokátoru je třeba přezkušovat a znovu provádět při opětném zaujetí stanoviště po sebekratším vzdálení radiolokátoru.

Přesná orientace antény radiolokátoru a správný zákres jeho stanoviště na planšet jsou základními předpoklady pro získání pravdivého přehledu o vzdušné situaci. Jestliže i po splnění těchto podmínek dochází k nejasnostem o počtu zachycených cílů, pak je třeba hledat jejich příčiny jinde; především ve stavu techniky radiolokátoru a v činnosti jeho obsluhy.

### Závěr

Z rozboru vlivu systematických chyb na přesnost určení polohy cíle na planšetu vyplývá, že největší vliv mají chyby v orientaci antény radiolokátoru a v zákresu polohy stanoviště radiolokátoru na planšet.

Vliv těchto chyb lze zmírnit případně odstranit pečlivým prováděním orientace antény a určení polohy radiolokátoru. Jedním ze způsobů provedení těchto prací zvláště vhodným pro stabilní stanoviště radiolokátorů systému obrany státního území je určení polohy radiolokátoru a orientace jeho antény pomocí geodetických bodů.

### Literatura:

- [1] Ing. Dr. J. Böhm: Matematická kartografie,
- [2] Sborník tablic dlja geodezičeskich vyčislenij,
- [3] Vojenský topografický obzor č. 3-4/1956.
- [4] Věstník PVO č. 4/1959 (sovětský).

### Poznámka autora.

Rozbor popsaný v článku byl proveden k osvětlení příčin nejasností při zákresu vzdušných cílů na planšet. Článek chce ukázat, jak může topograf u vojsk pomáhat určitým druhům vojsk při řešení jejich problémů. Vzhledem k odlišné problematice článku bylo nutno šíře rozvést některé pojmy a popsat způsob provádění zákresu vzdušné situace.



Inženýr major Jiří Kánský, VTOPÚ

## Údržba topografických map měřítka 1:25 000

V roce 1962 uplyne už 10 let od zahájení prací na mapách měřítka 1:25 000, které se po úspěšném dokončení v roce 1957 staly celostátním základním mapovým dílem ČSSR. Přednosti tohoto základního mapového díla, jeho obsah a přesnost, charakterizované v pracích [1] a [2], jeho důležitost pro odvozování dalších map menších měřítek a jeho význam pro řešení vojenských, hospodářských a technických úkolů si vynucují přistoupit co nejdříve k údržbě map měřítka 1:25 000 a uvést jejich obsah do souladu se skutečným stavem.

Přesnost map měřítka 1:25 000, jak je uvedeno v práci [2], vyhovuje a bude i nadále vyhovovat účelům, k nimž je mapa měřítka 1:25 000 užívána. Lze proto předpokládat, že doplnění a úprava polohopisné složky mapy, v níž se nejvíce projevují změny způsobené výstavbou průmyslu, komunikací, sídlišť a socialistickými přeměnami zemědělství v ČSSR, bude hlavním problémem údržby mapy.

Jestliže práce [3] měla přispět k řešení otázek údržby map seznámením se sovětskými zásadami a organizací prací, tento článek má ukázat možné aplikace uvedených zásad pro údržbu mapy měřítka 1:25 000 v podmínkách ČSSR.

### 1. Vymezení pojmu a úkolu

Hlavními charakteristickými rysy a přednostmi mapového díla měřítka 1:25 000, jak je uvedeno v práci [1], jsou:

- použité geodetické základy (referenční elipsoid prof. Krasovského, referenční bod Pulkovo, konformní Gauss-Krügerovo zobrazení s šestistupňovými poledníkovými pásy, baltský výškový systém);
- standardizovaný klad mapových listů a jejich nomenklurní označení;
- jednotný systém smluvených značek;
- přesný a velmi hustý geodetický podklad;
- přesnost polohopisu i výškopisu;
- svěžest mapy vyplývající z poměrně krátké doby, která uplynula od mapování v terénu;
- jednotná koncepce obsahu, grafické úpravy a reprodukčního provedení.

Jde o jednotné homogenní dílo. Z uvedených charakteristických prvků zůstává většina nezměněna, neboť odpovídají vojenským i technickým požadavkům. Ke změnám došlo:

- ve značkovém klíči (v souvislosti s dalším procesem standardizace smluvených značek vydáním značkového klíče s jednotnou koncepcí smluvených značek pro všechna měřítka topografických map),
- v terénu (v důsledku všestranné výstavby a změn způsobu zemědělské výroby).

To nás může opravňovat k určitému zúžení pojmu údržby mapy:

Údržbou mapy měřítka 1 : 25 000 rozumíme periodické uvádění obsahu mapy v souladu se skutečným stavem v terénu a vykreslení mapy v novém značkovém klíči.

Periodičnost údržby je třeba diferencovat především podle množství změn, k nimž v terénu došlo. Mapy zobrazující území, v nichž proběhla rozsáhlá výstavba (např. Ostravsko, Ústecko, Bratislava, Pováží apod.), je třeba udržovat zhruba v pětiletých periodách. Pro údržbu map zobrazujících ostatní území se zdá desetiletá perioda dostačující. Území málo obydlená nebo území s málo intenzivním hospodářským životem jsou rozlohou poměrně malá a nepřesahují (s výjimkou Vysokých a Nízkých Tater) plochu 3–4 mapových listů. Zdá se proto vhodné provádět jejich údržbu současně s okolními listy v desetileté periodě.

Tak by se uskutečnila údržba map měř. 1 : 25 000 z celého území ČSSR jednou za 10 let a zhruba u 10% mapových listů dvakrát za 10 let. Při celkovém počtu 1736 nomenklaturních listů by se tedy údržba prováděla ročně na 170–200 nomenklaturních listech, tj. na 11–12% státního území.

Opravy a doplňování obsahu map podle skutečného stavu v terénu budou závislé zejména

- na rozsahu výstavby průmyslu, energetických zdrojů a zařízení pro rozvod energií, výstavby komunikací, jejich přestavby nebo obnovy;
- na rozsahu výstavby městských sídlišť;
- na změnách způsobů zemědělské výroby, na rozsahu výstavby zemědělských zařízení (stavby, meliorace) a na výstavbě venkovských sídlišť;
- na době, kdy bylo provedeno původní mapování v terénu;
- na kvalitě podkladů použitých z dřívějších topografických měření;
- na metodě použité při původním mapování.

Je nutno předpokládat i opravy a doplnění, které vyplynou z kontroly přesnosti použitých podkladů. Při denním užívání map při geodetických a topografických pracích se ukazuje, že odstraňování nepřijatelných situačních i výškových chyb – přes příznivé ukazatele přesnosti celého mapové díla – a odstraňování následků chybné generalizace nebudou žádnou výjimkou.

Provedení úplné polní revize na všech listech mapy měřítka 1 : 25 000 zdá se být nevyhnutelné. Výjimkou bude jistě vhodné učinit u těch map, pro jejichž údržbu bude použito map měřítka 1 : 10 000 dokončených nebo obnovených v období nejvýše dva roky před zahájením prací na údržbě mapy měřítka 1 : 25 000.

Vykreslení mapy podle nového značkového klíče bude nutno provést u všech nomenklaturních listů. Značkový klíč (sovětské vydání) byl vydán teprve v roce 1960. V současné době je zpracovávána česká verze tohoto klíče. (Změny jsou zatím obsaženy v doplňku ke značkovému klíči Topo-IV-4.) V novém klíči je zvýšen počet značek a popisných údajů a sjednocen tvar značek pro všechna měřítka topografických map. Smluvené značky jsou podstatně jemnější a daleko lépe než v dosavadním klíči umožňují vyjádřit situační předměty, kultury a sídliště typická pro naše území. Vykreslení podle nového značkového klíče přinese významné zpřesnění mapy, obohacení náplně i zvýšení grafické úrovně map.

## 2. Podklady pro provádění údržby

K provádění údržby jsou před zahájením přípravných prací k dispozici:

- topografické originály map měřítka 1 : 25 000 s průsvitkami výškových bodů a kót, kartografické originály polohopisu a výškopisu map měřítka 1 : 25 000 v pracovním měřítku, tiskové podklady jednotlivých barev a soukopie, polohopisu, výškopisu a vodstva na transparentních astralonových fóliích a výtisky jednotlivých mapových listů;
- topografické originály map měřítka 1 : 10 000 s předepsanými přílohami (cca pro 70% státního území), kartografické originály map měřítka 1 : 10 000, tiskové podklady jednotlivých barev na transparentních fóliích a výtisky map měřítka 1 : 10 000 (cca z 20% státního území);

- letecké snímky a klasifikované kopie leteckých snímků původního mapování v měřítku 1 : 18 000 až 1 : 30 000 z roku 1952–1956;
- letecké snímky měřítka 1 : 12 000 až 1 : 18 000 z roku 1957–1961 bez klasifikace, určené pro mapování v měřítku 1 : 10 000;
- letecké snímky větších měřítek z prostorů technicko-hospodářského nebo speciálního mapování (geologické, železniční, silniční, lesní plány apod.);
- seznamy souřadnic „Topo-51“;
- seznamy geodetických, zhušťovacích a vřícovacích bodů zaměřených pro mapování v měřítkách 1 : 25 000 a 1 : 10 000 (cca ze 70% státního území);
- speciální technické plány a turistické mapy vydané civilními odbornými organizacemi.

Uvedené podkladové materiály jsou schopny reprodukce a jsou pohodové k využití.

*Přesnost kartografických podkladů map měřítka 1 : 25 000* je zejména u topografických originálů charakterizována těmito středními chybami:

a) v poloze bodu

$$\begin{array}{ll} \text{na mapě} & m_p = \pm 0,25 \text{ mm až } \pm 0,45 \text{ mm,} \\ \text{tj. ve skutečnosti} & m_p = \pm 6,25 \text{ m až } \pm 11,20 \text{ m;} \end{array}$$

b) ve výšce kót a vrstevnic

$$m_v = \pm (1,0 + 10\text{tg}\alpha)\text{m až } \pm (1,5 + 10\text{tg}\alpha)\text{m;}$$

(podrobněji uvedeno v práci [2]).

Tyto kartografické podklady mohou proto sloužit jako podklad pro provádění údržby.

*Přesnost kartografických podkladů map měřítka 1 : 10 000* je charakterizována těmito středními chybami:

a) v poloze bodu

$$\begin{array}{ll} \text{na mapě} & m_p = \pm 0,3 \text{ mm až } \pm 0,5 \text{ mm,} \\ \text{tj. ve skutečnosti} & m_p = \pm 3,0 \text{ m až } \pm 5,0 \text{ m;} \end{array}$$

b) ve výšce kót a vrstevnic

$$m_v = \pm (0,4 + 0,05\alpha^\circ)\text{m až } \pm (1,2 + 0,03\alpha^\circ)\text{m;}$$

(podrobněji uvedeno v [4]).

Tyto kartografické podklady svou přesností a zejména tím, že jejich obsah není zastaralý, jsou jako podklad pro provedení údržby zvlášť vhodné.

*Výtisky map* obou měřítek a výtisky map vydaných pro speciální účely mohou sloužit jako pomocný informační materiál pro přípravné práce, pro klasifikaci leteckých snímků nebo jako pomůcka pro práce v terénu. Nemůže jich však být využito jako měřického nebo grafického podkladu, neboť svou přesností daným požadavkům nevyhovují.

*Letecké snímky* mají vesměs formát 18×18 cm a s výjimkou východního Slovenska jsou pořízeny komorami o konstantách 210 mm a 115 mm. Pro rozměrovou nestálost filmové podložky negativů nejsou tyto snímky vhodným měřickým podkladem. Pro účely údržby je nutno předpokládat souvislé letecké snímkování s jednoletým předstihem před vlastními udržovacími pracemi. Výše uvedené letecké snímky je možno použít jen jako doplňkový a pomocný informační materiál.

S ohledem na rozměry mapových listů a předpokládané typy leteckých fotogrammetrických komor bylo by vhodné užít snímků formátu 18×18 cm, měřítka 1 : 33 000, pořízených komorou o konstantě 115 mm, 100 mm nebo 70 mm z výšky 2300 m až 4500 m (podle typu komory a terénních podmínek). Na jeden list mapy měřítka 1 : 25 000 by připadalo 8 až 10 sterodvojic ve dvou řadách. Jediný snímek by zachycoval území zobrazené přibližně na jed-

nom listě mapy měřítka 1 : 10 000. Tato shoda by umožňovala použít ve velké míře jednoduchých jednosnímkových fotogrammetrických metod a zvýšila by kvalitu a rychlost klasifikačních a stereofotogrammetrických vyhodnocovacích prací. Pro tyto vyhodnocovací práce by byl zvláště vhodný stereoprojektor prof. Romanovského SPR-2.

Snímkování vysokohorských oblastí by bylo třeba provádět podle zvláštního plánu fotoleteckých prací s ohledem na převýšení terénu a na terénní tvary.

Na územím zobrazeném na snímcích pořízených výše uvedeným způsobem lze předpokládat cca 2–6 trigonometrických bodů a cca 15 vřícovacích bodů zaměřených pro mapování v měřítku 1 : 10 000. Podaří-li se identifikovat jenom čtvrtinu těchto bodů, postačí to k dokonalému provedení absolutní orientace stereodvojic i k její kontrole a fotogrammetrické práce bude možno provádět bez jakýchkoli dalších geodetických měření.

*Seznamy souřadnic* a průvodní zápisníky jsou nutné ke konstrukčním pracím, ke kontrole a identifikaci geodetického bodového podkladu. Seznamy jsou doplněny podle výsledků revize trigonometrických bodů v roce 1960, jsou neustále doplňovány novými údaji a jsou pohotové k využití.

### 3. Přípravné práce

Množství, kvalita a pohotovost podkladů je tedy dobrá. Hodnocení a výběr podkladů by bylo možno zahájit neprodleně. K zahájení přípravných redakčních prací je však třeba ujasnit možnosti použití fotogrammetrických a topografických metod a možnou technologii kartografického a reprodukčního zpracování. Protože výsledkem přípravných prací má být redakční plán nebo redakční pokyny, jsou přípravné práce etapou zvláště zodpovědnou.

Přípravné práce zahrnují

- shromáždění podkladů,
- jejich přezkoušení, hodnocení a výběr,
- stanovení způsobu přípravy podkladů pro kancelářské a polní práce,
- stanovení rozsahu kancelářských prací,
- stanovení metod kancelářského zpracování,
- stanovení rozsahu polní revize,
- stanovení metod polní revize.

*Shromáždění podkladů* je možno provést v současné době jen zčásti, neboť mapy měřítka 1 : 10 000, které jistě budou v největší míře podkladem pro údržbu, jsou rozpracovány. Jejich dokončení se předpokládá až v létech 1967–1969. Zatím jsou ve značné míře k dispozici mapy měřítka 1 : 10 000 v českých krajích, poslední budou dokončeny mapy z prostorů severního a východního Slovenska.

Shromažďování podkladů bude nutno provádět tedy i po zahájení údržby v jejím průběhu. K tomu bude třeba vyžadovat od příslušných ústavů geodézie a kartografie záznamy o změnách a údržbě mapy měřítka 1 : 10 000, aby výchozí podklad byl skutečně co nejsvěžejší. Shromáždění potřebných leteckých snímků bude spočívat především v jejich zajištění a pořízení s dostatečným časovým předstihem (1 rok) a ve včasném fotolaboratorním zpracování.

Při *přezkoušení podkladů* bude třeba věnovat pozornost

- konstrukčním prvkům originálů podkladové mapy,
- úplnosti geodetického podkladu,
- diferencím v číselných údajích výškopisu a názvosloví,
- diferencím v kresbě reliéfu.

Z výsledků tohoto přezkoušení bude nutno vycházet při hodnocení podkladů a při jejich výběru.

*Stanovení způsobu přípravy podkladů* pro kancelářské a polní práce je závažný krok, který musí respektovat nové měřické, kartografické a reprodukční metody a technické možnosti pracovišť. Na tom bude podstatnou měrou záviset hospodárnost a rychlost provedení údržby.

V současných podmínkách bude vhodné počítat

- s ofsetovým tiskem,
- s odpovídajícím zhotovením a přípravou tiskových podkladů, resp. originálů metodou rytí na transparentních plastických foliích nebo skle,
- se zpracováním výsledků polní revize na takovém materiálu a takovým způsobem, aby bylo možno co nejrychleji jednoduchou reprodukční cestou zhotovit podklad pro rytí,
- s omezením kresby v terénu na nejmenší možnou míru,
- s co nejjednodušším reprodukčním zhotovením podkladu pro polní revizi,
- s fotogrammetrickým vyhodnocením doplňků a změn polohopisu a změn výškopisu ve formě vhodné pro další jednoduché reprodukční zpracování,
- s klasifikací leteckých snímků v kancelářských podmínkách,
- se zhuštěním bodového podkladu pro účely fotogrammetrického vyhodnocování fotogrammetrickými metodami bez geodetických měření v terénu.

Bude nutno určit

- metodu zhuštění fotogrammetrického bodového podkladu,
- měřítko kopií nebo zvětšenin leteckých snímků pro klasifikaci,
- měřítko fotogrammetrického originálu,
- konstrukční a vličovací podklad pro fotogrammetrické vyhodnocování (bodový podklad, modré nebo hnědé kopie, na zajištěném papíře nebo na skle či na transparentní folii),
- způsob zpracování fotogrammetrického originálu (graficky nebo rytím, jednočaře nebo v klíči apod.),
- měřítko podkladu pro polní revizi a způsob jeho reprodukčního zhotovení (zvětšením, zmenšením nebo kontaktně, modré nebo hnědé kopie apod.),
- podklad pro vyšetření a záznam změn názvosloví, administrativních hranic, údajů o porostech, kulturách apod. (např. hnědé nebo modré kopie na průsvitném materiálu aj.).

*Rozsah kancelářských prací* bude vyplývat z výsledků hodnocení podkladů a z jejich výběru. Podle nich bude nutno stanovit

- zda bude klasifikace leteckých snímků prováděna jen v kancelářských podmínkách,
- v jakém rozsahu bude provedeno doplnění polohopisu vyhodnocením leteckých snímků, nebo zda bude nově vyhodnocen polohopis v rozsahu celého mapového listu,
- v jakém rozsahu bude opraven dosavadní výškopis fotogrammetrickým vyhodnocením reliéfu nebo zda bude nově vyhodnocen výškopis v rozsahu celého mapového listu,
- zda celý mapový list nebo jeho část bude po skončení polní revize nebo před ní kresličsky zpracován apod.

Při *stanovení metod kancelářských prací* při údržbě mapy bude třeba vycházet z kvality podkladů, z množství změn a z rozsahu kancelářských prací. Podle toho bude třeba stanovit, zda k doplnění polohopisu bude užito jednosnímkových fotogrammetrických metod (dokreslení pomocí projektorů, kombinované metody za použití fotoplánu, grafického způsobu pomocí projektivních sítí, obkreslovačů apod.) nebo fotogrammetrických metod dvousnímkových při použití univerzálních fotogrammetrických strojů. V závislosti na těchto metodách bude potom podle množství změn vykreslena kartografická předloha nebo přímo zhotoven kartografický originál rytím.

*Rozsah polní revize* bude určovat stáří a kvalita podkladů, množství změn a doplňků, potřeba číselných a názvoslovných údajů, vertikálních rozměrů a podrobností, které nelze spo-

lehlivě zjistit fotogrammetrickými metodami. Tam, kde údržbu nebude možno provést na podkladě mapy měřítka 1 : 10 000 (opožďení v hraničních oblastech), bude pro zastaralost údajů původní mapy měřítka 1 : 25 000 rozsah polní revize podstatně větší. Naopak v horských a zalesněných oblastech, kde všechny situační změny byly vyhodnoceny z leteckých snímků, bude možno stanovit jen minimální rozsah polní revize. Závažně ovlivní rozsah polní revize i sama metoda jejího provádění, zejména způsob, jenž bude použit pro zakreslování oprav a doplňků v poli.

*Metody polní revize* budou ovlivněny četností změn a doplňků a předpokládanými kartoreprodukčními metodami. Obsahem polní revize bude

- doplnění fotogrammetrického originálu podrobnostmi, relativními výškovými kótami a popisnými údaji (podle značkového klíče),
- vyšetření, oprava a doplnění názvosloví,
- vyšetření a zakreslení průběhu hranic podle nové organizace územní správy,
- kontrola výškopisných údajů (výškové kóty, průběh vrstevnic, vyjádření reliéfu na stycích listů apod.).

Revize bude proto prováděna porovnáním údajů mapy se skutečností a přímým prováděním oprav a doplňků do mapy v poli. Aby doba trvání polní revize byla co nejkratší, bude třeba volit takové reprodukční zpracování podkladů pro polní revizi a takový způsob dalšího kartoreprodukčního využití podkladů, aby bylo možno zaznamenávat změny a doplňky bez vykreslování ostatních nezměněných a úplných částí mapy odpovídajících skutečnosti (např. modré zatónování části hnědé kopie a provedení oprav fotograficky účinnou barvou).

Výsledkem polní revize měla by tedy být úplná kartografická předloha, na jejímž základě by bylo možno vyhotovit tiskové podklady resp. kartografické originály rytím, slupováním vrstev nebo jinými litografickými metodami.

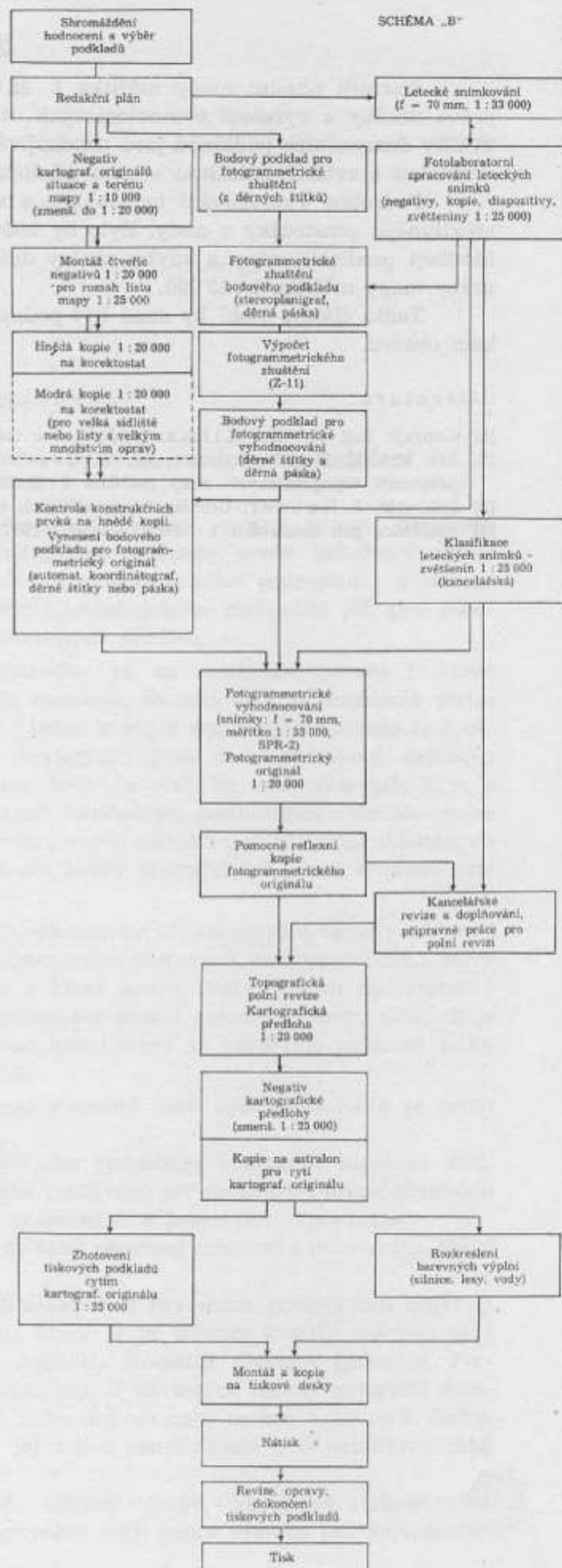
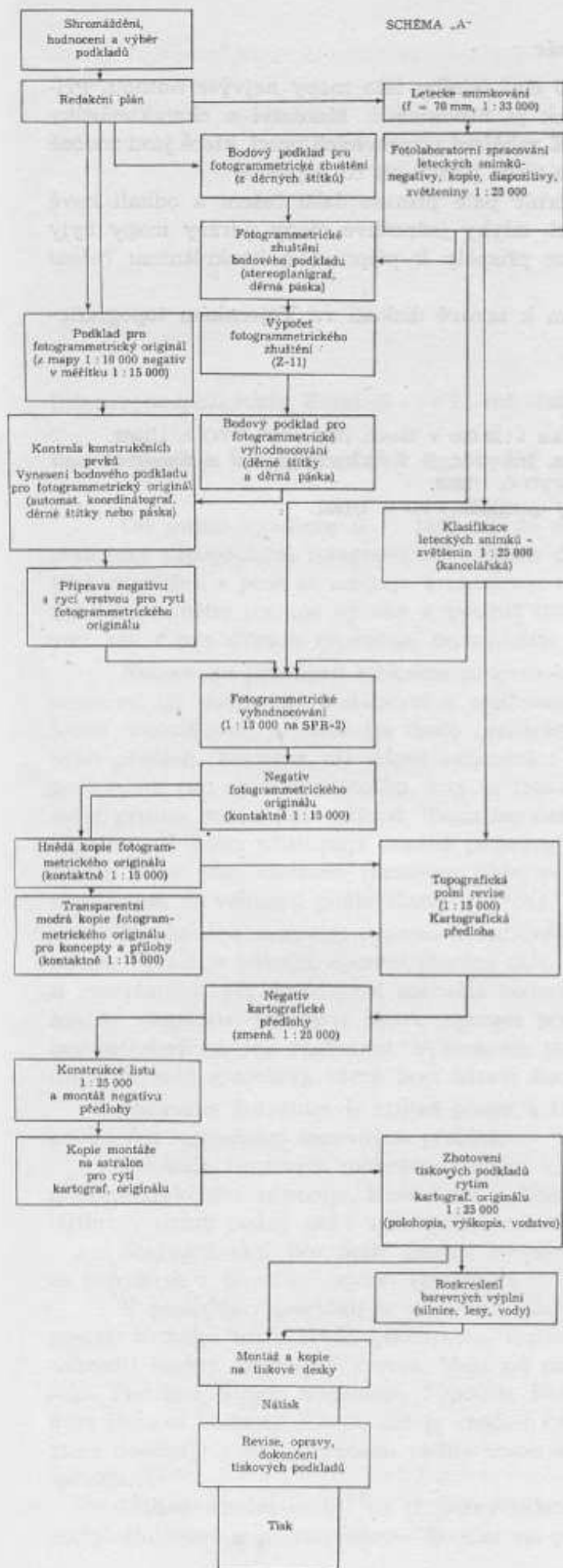
Způsob zhotovení kartografických originálů a tiskových podkladů bude nutno stanovit s ohledem na předpokládanou tiskovou techniku (pravděpodobně ofsetový tisk). Podrobné stanovení technologie kartografického, reprodukčního a tiskového zpracování bude záležitostí technologů kartoreprodukčních pracovišť. Bude ovlivněno technickou úrovní reprodukčních zařízení, stupněm rozvoje kartografických metod, reprodukčními metodami užitými v předchozích etapách udržovacích prací, grafickou kvalitou předlohy a její vhodností pro další reprodukční zpracování.

Provedení přípravných prací a sestavení redakčního plánu bude nutno, jak vyplývá z předchozího, svěřit zodpovědnému orgánu vytvořenému ze zkušených pracovníků, kteří mají přehled, znalosti a zkušenosti ze všech oborů podílejících se na tvorbě a výrobě mapy. Tito pracovníci musí mít nepřetržitý styk s výkonnými složkami a pracovníky a smysl pro prozíravé, zodpovědné a včasné uplatňování efektivních a progresivních metod a organizace práce.

#### 4. Možné řešení

Vypracování technologie a jí odpovídajících směrnic pro údržbu mapy měřítka 1 : 25 000 bude značně obtížné pro délku výrobního cyklu map a dosavadní velký podíl živé lidské práce při mapovacích a kartografických pracích. Délku výrobního cyklu bude nutno zkrátit a podíl živé lidské práce co nejvíce snížit zejména užitím fotogrammetrických a reprodukčních metod. Bude třeba co nejvíce uplatnit a využít chemických procesů, plastických hmot a drobných mechanických prostředků.

Následující zjednodušená schémata znázorňují dvě z možných řešení technologie údržby mapy měřítka 1 : 25 000. Obě vycházejí v podstatě ze současných technických a technologických podmínek a možností ústavů vojenské topografické služby.



## Závěr

Stárnutí obsahu mapy měřítka 1 : 25 000 činí údržbu této mapy nejvýše nutnou. Příprava údržby a vyřešení technologických otázek je neodkladné. Množství a charakteristiky kvality dosavadních podkladů jsou uspokojivé. K zahájení přípravných prací, které jsou značně rozsáhlou a zvláště důležitou etapou údržby, je třeba přistoupit co nejdříve.

Podrobné vypracování technologie a směrnic jistě přinese další řešení a odhalí nové efektivnější prostředky a cesty. Bylo by žádoucí, kdyby jednotlivé etapy údržby mapy byly hlouběji prodiskutovány a kdyby závěry diskuse přispěly k přípravě a konkrétnímu řešení údržby mapy měřítka 1 : 25 000.

Tento článek mohl by snad být podnětem k takové diskusi ve Vojenském topografickém obzoru.

### Literatura:

- [1] Genmjr. Ing. Dr. Jan Klíma: Mapování v měřítku 1 : 25 000 v letech 1952–1957. VTO č. 1/1958.
- [2] Inž. kpt. V. Pavlica, inž. pplk. B. Červinka, inž. mjr. E. Srnka: Studium a stanovení mezí přesnosti topografických map měřítka 1 : 25 000. VTO č. 1/1958.
- [3] Inž. mjr. J. Hauser: Údržba topografických map (překlad). VTO č. 1/1961.
- [4] Směrnice pro mapování 1 : 10 000. VTOPÚ 1957.



Inženýr podplukovník Karel Kosař, inž. Jaromír Ježek

## Suchý fototechnický materiál a jeho využití ve fotoreprodukcí

Od svého vynálezu v r. 1851 až do dnešních dob ovládl mokrý proces kolodiový prakticky reprodukční fotografii. Je několik důvodů, proč se mokrý proces kolodiový udržel tolik desetiletí a proč se udržuje v mnohých odvětvích polygrafického průmyslu i v dnešní době mohutného rozvoje výroby a využití suchého fototechnického materiálu jak pro pérovou, tak i pro síťovou reproduci černobílých i barevných předloh.

Nespornou předností mokrého procesu kolodiového je, že zhotovené pérové i síťové negativy lze dodatečně zeslabovat a zesilovat. To znamená, že tyto negativy můžeme dodatečně dohotovovat, přičemž lze často „zachránit“ i méně kvalitní negativy, zhotovené ze špatných předloh. Zejména při síťové reprodukci v chemigrafii jsou mokrokolodiové negativy podkladem pro zhotovení štočků, kdy je třeba, aby body ve světlech měly dokonalý kryt a měly přitom minimální velikost. Toho lze dosáhnout dodatečným zesilováním a zeslabováním negativů. K tomu přistupuje snadná příprava vyzkoušených roztoků a zcitlivování skleněných desek, které není omezeno rozměrem skla, poněvadž každý reprodukční závod si může připravit skla ve velikosti podle vlastní potřeby.

Nevýhodou mokrého procesu kolodiového je zdlohavost při zpracování negativu. Mokrý proces vyžaduje několik operací (čistění skla, podpreparace, preparace, zcitlivování atd.), které se neuplatňují při zpracování suchého materiálu a které mohou být příčinou nedostatečné kvality negativu. Množství těchto operací při zpracování mokré kolodiové desky prodlužuje čas potřebný na její zhotovení. V mokrému procesu kolodiovém se používají jedovaté látky (např. kyanid draselný), které jsou zdraví škodlivé.

Jodované kolodium je citlivé pouze k fialové a modré části spektra, a nedá se proto použít pro reprodukci barevných předloh.

Neustálé používání mokrého procesu kolodiového způsobuje poškození kazetové části fotoreprodukčního přístroje. Kromě toho chemikálie používané při zpracování desek (dusičnan stříbrný, siřník sodný atd.) způsobují znečištění pracovníků a pracoviště reprodukce.

Smývání skel pro další použití vyžaduje zvláštní provozní místnost a pracovníka, který se pohybuje v prostředí zdraví škodlivém.

V posledním desetiletí se v zahraničních publikacích a firemních prospektech objevují popisy suchého ultra tvrdě pracujícího materiálu, který je po stránce kvality schopen plně nahradit mokrý kolodiový proces. Mezi ně patří Agfalith, Kodolith, Gevaert Litholine, Feralit, Peruline, Typon Reproline, Typolith, Formalith atd. U některých těchto materiálů dosahuje strmost hodnoty  $\gamma = 8$ , což je značně vyšší číslo než strmost mokré kolodiové desky, která dosahuje  $\gamma = 5$ . Výhodou těchto materiálů je jejich senzibilizace pro jednotlivé části spektra.

Citlivé emulze se lijí na podložky skleněné, nitrocelulózoové, acetátové, triacetátové, acetylcelulózoové a polystyrénové. Emulze na polystyrénu mají velký význam pro kartografic-

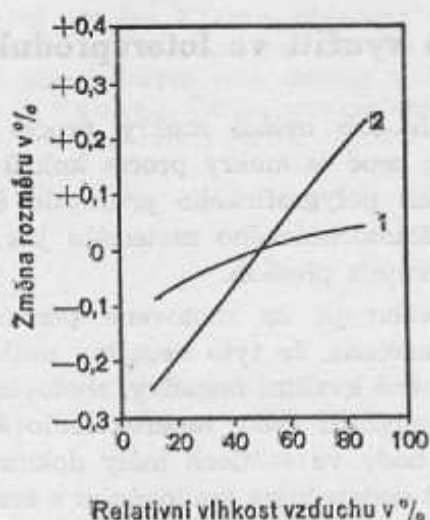
kou reprodukci, neboť jsou rozměrově stálé, jak dokazují uveřejněné zprávy a provedené zkoušky.

Rozměrová stálost polystyrénových fólií je závislá na relativní vlhkosti a teplotě prostředí, v němž se citlivý materiál zpracovává a ukládá. Zvýšení relativní vlhkosti vzduchu způsobuje protažení fólie, zatím co snížení vlhkosti má za následek její smrštění.

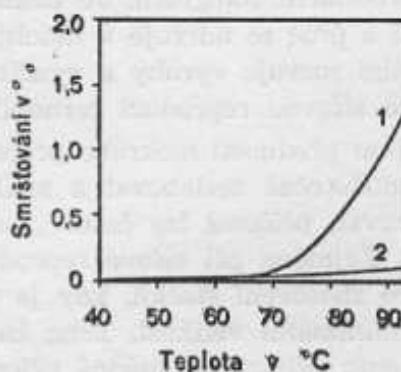
U acétatových podložek je vliv vlhkosti tak velký, že změny způsobené teplotou jsou celkem bezvýznamné.

U polystyrénu je změna rozměru způsobená vlivem teploty důležitější než změna vlivem relativní vlhkosti, která je nepatrná.

Hodnoty změn rozměru polystyrénových a triacetátových podložek, způsobených relativní vlhkostí vzduchu a vlivem teploty, jsou uvedeny na obr. 1 a obr. 2.



Obr. 1



Obr. 2

Z grafů je patrné, že změny rozměru polystyrénové fólie ve velikosti používané při zpracování topografických map nepřekročí v žádném případě u topografických map povolenou odchylku  $\pm 0,2$  mm. Teprve vzrůst teploty fólie nad  $70^\circ\text{C}$  způsobí deformace větší, než je tato mez. Při fotomechanických přenosech však teplota povrchu kopírovacího rámu, způsobená teplem uhlíkových lamp, nedosáhne obvykle ani  $50^\circ\text{C}$ , takže k nepřijatelné deformaci podložky prakticky nedojde.

### Popis druhů suchého fototechnického materiálu a jejich zhodnocení z hlediska použití v kartografické reprodukci

#### Fototechnický materiál FOMA (ČSSR)

FOMA vyrábí několik druhů fototechnického materiálu, které však nevyhovují požadavkům na novodobé citlivé emulze. Častým nedostatkem materiálu FOMA je skutečnost, že výroba jednotlivých licích čísel se ve svých fotografických vlastnostech navzájem liší, což znesnadňuje stabilizaci fotoreprodukčních procesů.

V porovnání se zahraničním materiálem a s mokřým procesem koloidovým je strmost pérového materiálu FOMA nízká. Proto se fototechnický materiál FOMA nehodí pro zhotovení kvalitních pérových a sířových negativů a pozitivů.

Filmy FOMA jsou zhotoveny na nitrocelulóзовé podložce, která nedrží míru, což vylučuje jejich použití pro reprodukci kartografických originálů, kde vyžadujeme rozměrovou přesnost  $\pm 0,2$  mm.

Sortiment výrobků FOMA je velmi chudý a přitom senzitivní vlastnosti foto-technického materiálu jsou pro kartografické účely nevyhovující.

Tabulka 1. Charakteristika fototechnického materiálu FOMA

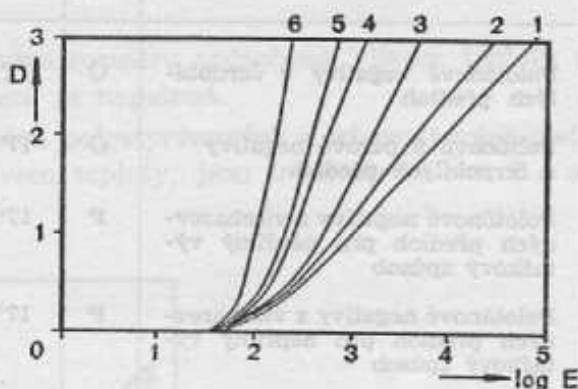
Označení		Použití	Senzi- bili- zace	Citlivost	Gradace	Vývojka
desky	filmy					
Gradual	—	Polotónové negativy z černobílých předloh	O	17° DIN	měkká	FV 18
SUPER- ORTHO	—	Polotónové a pérové negativy z černobílých předloh	O	17° DIN	normální	FV 17, 18
PANCHRO SUPER	PANCHRO SUPER	Polotónové negativy z vícebarevných předloh pro nepřímý výtahkový způsob	P	17° DIN	měkká	FV 18
PANCHRO- BRILANT	—	Polotónové negativy z vícebarevných předloh pro nepřímý výtahkový způsob	P	17° DIN	normální	FV 17, 18
REPRO	—	Pérové negativy z černobílých předloh	N	15° DIN	brilantní	FV 17, 18
REPRO- ORTHO	—	Pérové negativy z černobílých předloh	O	15° DIN	brilantní	FV 17, 18
REPRO- PAN	—	Pérové negativy z vícebarevných předloh	P	15° DIN	brilantní	FV 17, 18
—	REPRO- ORTHO II	Negativy a pozitivy z černobílých pérových a polotónových předloh	P	4° DIN	kontrastní	FV 17, 18
—	REPRO P	Negativy a pozitivy z černobílých pérových a textových předloh	N	1° DIN	kontrastní	FV 17, 18
—	REPRO A	Síťové a pérové negativy a pozitivy z černobílých předloh	N	7° DIN	kontrastní	FV 17, 18
—	Repro B	Polotónové diapozitivy pro hlubotisk z polotónových negativů	N	12° DIN	normální	FV 17, 18
—	Repro C	Síťové výtahkové negativy a pozitivy z barevných předloh	P	Vlastnosti nejsou ustálené		

Tabulka 2. Recepty pro sestavení vývojek FOMA

Chemikálie		FV 17	FV 18	FV 19
voda	ml	1000	1000	1000
metol	gr	4	5	5
sířičitan sodný bezvodý	gr	40	37,5	40
hydrochinon	gr	7	5	6
uhlíčitán draselný bezvodý	gr	40	37	40
bromid draselný	gr	3	1	6
Doba vyvolávání při teplotě 19–20° C	minut	4	4	3

## Fototechnický materiál AGFA - Wolfen (NDR)

AGFA - Wolfen vyrábí bohatý sortiment fototechnického materiálu, který se používá v naší fotoreprodukční praxi. Pro lepší přehled o použitelnosti jednotlivých druhů materiálu jsme sestavili výrobky AGFA do tabulky a schematicky znázornili jejich gradací křivky v obr. 3.



Obr. 3

Tabulka 3 Gradace materiálu AGFA - Wolfen

Číslo křivky	Gradace	fototechnický materiál
1	měkká	film C Ortho
2	normální	deska C Ortho, film C Pan, deska C Pan
3	brilantní	film B nesezibil., deska B nesezibil., film a deska B Pan
4	tvrdá	film a deska A nesezibil., film a deska A Pan
5	tvrdá	film PRINTON RAPID Ortho, film AUTOLITH Ortho, deska AUTOLITH Ortho, film a deska AUTOLITH Pan
6	velmi tvrdá	film PRINTON EXTRA Ortho, film PRINTON EXTRA nesezibil., deska PRINTON nesezibil.

## Některé speciální druhy materiálu

### Fototechnický film KK

Fototechnický film KK má dvě citlivé vrstvy. První vrstvu tvoří emulze fototechnického filmu C Ortho, druhou vrstvou je zvláště tvrdě pracující nesezibilizovaná emulze PRINTON EXTRA, která je navíc zcitlivěna pro červenou barvu. Charakteristická křivka nepokračuje v oblasti vysokého krytí přímočaře, ale příkřeji než v dosavadním průběhu (viz obr. 4).

Film KK odpovídá všem požadavkům moderní reprodukční fotografie. Používá se zejména pro reprodukci černobílých polotónových předloh tištěných hlubotiskem, a to v těchto případech:

1. jsou-li na předloze bohatá vrcholová světla, která mají být zvláště zdůrazněna,
2. má-li být mezi kresbou potlačen povrch papíru, tj. má-li na negativu vyjít s obzvláštním krytím,
3. je-li v polotónové předloze obsaženo negativní (bílé) nebo pozitivní (černé) písmo nebo kresba.

Tabulka 4. Charakteristika fototechnického materiálu AGFA (NDR)

Označení		Použití	Sen- zibi- lizace	
desky	filmy			
A nesenzibil.	A nesenzibil.	Polotónové negativy z měkkých na kontrast chudých předloh. Polotónové diapozitivy z měkkých negativů	N	Agfa 71, 72, 73
A pan.	A pan.	Pérové negativy z vícebarevných předloh. Polotónové barevné výtažkové negativy z měkkých předloh	P	Agfa 71, 72, 73
B nesenzibil.	B nesenzibil.	Pro polotónové negativy a pozitivy zhotovené kontaktem nebo v reprodukčním aparátu	N	71, 72, 73
B pan.	B pan.	Pro polotónové negativy a barevné výtažky z vícebarevných předloh	P	71, 72, 73
C ortho.	C ortho.	Polotónové negativy z černobílých a vícebarevných předloh, na nichž není červená barva	O	71, 72, 73
C pan.	C pan.	Polotónové negativy a polotónové barevné výtažky z vícebarevných předloh	P	71, 72, 73
—	PRINTON Rapid Ortho.	Pérové a textové negativy a pozitivy, zhotovené v reprodukčním aparátu	O	71, 74
—	PRINTON EXTRA ortho.	Kontaktní kopie z pérových a sířových negativů. z černobílých filmů. Film má obzvláště tenkou citlivou vrstvu	O	71, 74, 82
—	PRINTON EXTRA nesenzibil.	Kontaktní kopie z pérových a sířových negativů. Obzvláště tenká citlivá vrstva	N	Agfa 71, 74, 82
PRINTON nesenzibil.	—	Pérové negativy z černobílých předloh. Kontaktní kopie z pérových a sířových negativů	N	71, 74
AUTOLITH ortho.	AUTOLITH ortho.	Pérové a sířové negativy z jednobarevných a vícebarevných předloh bez červené barvy	O	70 B, 71, 74
AUTOLITH pan.	AUTOLITH pan.	Pérové a sířové negativy a barevné výtažky z vícebarevných předloh	P	70 B, 71, 74

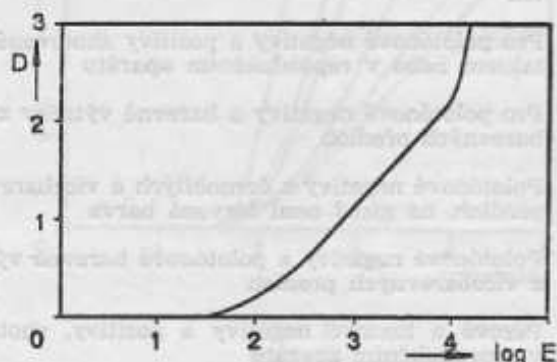
Tabulka 5. Recepty pro sestavení vývojek AGFA WOLFEN

Chemikálie		70 B		71	72	73	74	78		82	
		rozt. A	rozt. B					rozt. A	rozt. B	rozt. A	rozt. B
voda	ml	500	500	1000	1000	1000	1000	500	500	500	500
metol	gr	—	—	5	—	1	5	—	—	—	—
sifičitan sodný bezvodý	gr	—	—	40	125	40	40	—	—	60	0,5
paraformaldehyd	gr	—	—	—	—	—	—	—	—	15	15
pyrosifičitan draselný	gr	25	—	—	—	—	—	—	—	—	5
glycin	gr	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—
hydrochinon	gr	25	—	6	—	6	6	—	—	45	—
potaš	gr	—	—	40	250	—	40	—	—	—	—
soda	gr	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—
hydroxyd draselný	gr	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—
hydroxyd sodný	gr	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—
pyrokatechin	gr	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—
bromid draselný	gr	25	—	3	—	1	6	—	—	—	3
Poměr mísení		1	1		1:4			1	1	1	1
Vyvol. doba při tepl. 18° C		2-3'	2-3'	4-5'	5-10'	5-6'	2-3'	1-2'		2,5-3'	
Poznámka		Není trvanlivá		Neredit				Pro Texoprint film		při 20° C	

Jeho přednosti se však uplatní v ofsetu i knihtisku. Je vhodný pro zhotovení polotónových negativů ve spojení s jejich dalším zpracováním pomocí kontaktních sítí pro ofsetový tisk a chemigrafii, zejména však tehdy, jde-li o zhotovení negativů nebo pozitivů s vysokými světly.

Vysoké krytí vrcholových světél na negativu KK není na závalu vzniku jemných puntíků v nejvyšších světlech na kopii zhotovené pomocí kontaktních sítí.

K osvětlení filmu KK mohou být použity obvyklé zdroje, jako uhlíkové lampy, lampy Nitrafot, právě tak jako xenonové výbojky.



Obr. 4

První expozice pro vrstvu C ortho se provede bez filtru v době téměř shodné s expozicí, která by se použila pro fototechnický film C ortho. Osvětlení kontrastní vrstvy (Printon Extra, zcitlivěné k červené barvě) se provádí přes červený filtr 48 L a je při větší cloně asi 8× delší než první expozice.

Pro osvětlení temné komory je třeba použít filtru AGFA 108 (tmavozelený), který zaručuje dokonalou ochranu proti závoji.

Pro vyvolání se doporučuje vývojka AGFA 71, 73.

#### TEXOPRINT - orthochromatický film

Osvětlení tohoto filmu se provádí na upraveném fotoreprodukčním přístroji tak, že paprsky projdou nejprve zadní stranou filmu. Tím se získá nečitelný pozitivní obraz, který se pak přímo kopíruje na tiskovou desku.

Film TEXOPRINT se používá pro zhotovení diapozitivů písma, které slouží jako tiskový podklad pro hlubotisk a ofset. Diapozitivy se zhotoví přímým fotografováním zvlášť připravené sazby. Vyvolávají se ve speciální vývojce AGFA 78.

Fototechnický stahovací film orthochromatický může být použit pro zhotovení negativu nebo kontaktní kopie. Po osvětlení, vyvolání ve vývojce Agfa 71 (74) a usušení se velmi tenká želatinová vrstva oddělí od podkladu, stáhne a vlepí do příslušného tiskového podkladu. Je to vhodný materiál pro zhotovení tzv. „stahovaček“ názvosloví map, používaných při revizních opravách tiskových podkladů map.

Fototechnická stahovací deska nesenzibilizovaná má pod želatinovou vrstvou ještě vrstvu nitrofilmu, který se stahuje současně s želatinovou vrstvou. Její použití je obdobné jako u stahovacího filmu. Vyvolává se ve vývojce Agfa 74.

Speciální výtahový film (Agfa-Spezial-Farbauszugsfilm) obsahuje:

1. film pro žlutý výtah se 2 vrstvami. Negativní (vrchní) je citlivá k modré barvě a maskovací (spodní) k paprskům červeným a zeleným;
2. film pro purpurový výtah se 2 vrstvami. Vrchní (negativní) je citlivá k barvě zelené a spodní (maskovací) k paprskům modrým a červeným;
3. film pro modrozelený výtah pouze s panchromatickou vrstvou.

Negativní vrstva filmu je citlivá k té části spektra, kterou propouští výtažkový filtr, tzn. u „žlutého“ filmu k modrým paprskům, u „purpurového“ filmu k zelené části spektra. Naproti tomu „maskovací“ vrstva je citlivá ke zbývajícím dvěma třetinám spektra. Např. film pro žlutý výtažek má negativní vrstvu citlivou k modrým paprskům a maskovací vrstvu citlivou k zeleným a žlutým paprskům.

Expozice je rozdělena na dvě části. Při první se použije předepsaný modrý filtr (562), jímž projdou pouze paprsky modré a částečně i fialové. Citlivá vrstva obsahuje tzv. žluté komponenty, které při vyvolávání v barvotvorné vývojce zabarví emulzi na zcitlivených místech žlutě (je to na místech, kde je na předloze modrá a fialová barva). Ostatní barvy, např. žlutá, červená, oranžová a zelená, negativní vrstvu nezcitliví. Druhá expozice se provádí přes zelený filtr, který způsobí, že maskovací vrstva je exponována v místech barvy zelené a částečně i žluté. Maskovací vrstva obsahuje barevné komponenty, které se při vyvolání v barvotvorné vývojce zabarví modrozeleně. Výsledkem dvojí expozice a barvotvorného vyvolání s utvrzením, bělením a ustálením, je barevný negativ. Na tomto negativu se zobrazuje v negativní vrstvě silným žlutým tónem barva modrá a fialová, slabším žlutým tónem barvy, které neobsahují žlutou barvu. Žlutá barva předlohy, stejně jako zelená, vycházejí jako bezbarvé.

V maskovací vrstvě se zobrazí žlutá barva předlohy v silněji krytém modrozeleném tónu. Právě tak vyjdou všechny barvy, které obsahují barvu žlutou; síla modrozeleného tónu závisí na tom, jaké množství žluté barvy obsahují jednotlivé barevné složky předlohy.

Z výsledného negativu se zhotoví kontaktem pozitiv na suchý nesenzibilizovaný film B, který je citlivý pouze k modré části spektra. To znamená, že na filmu B budou pro zpracování černá ta místa, která se na „žlutém“ filmu po barvotvorném zpracování zabarvila modře.

Film pro purpurový výtažek se nejprve exponuje přes zelený filtr č. 41, který propustí paprsky zelené, částečně žluté a modré. Tato místa se při barvotvorném zpracování zabarví tmavě žlutě. Při druhé expozici se použije červený filtr č. 48 L. Na maskovací vrstvě nastane zcitlivení emulze v místech, kde je na předloze barva červená a oranžová. Po vyvolání se tato místa zabarví modrozeleně. Výsledkem dvojí expozice a barvotvorného zpracování je barevný negativ, na němž je výtažková barva (purpurová) zobrazena v modrozeleném tónu, který při kopírování zcitliví nesenzibilizovanou vrstvu filmu B. Komplementární barva (zelená) vyjde na negativu v tmavém žlutém tónu, vůči němuž není nesenzibilizovaná emulze filmu B citlivá.

Film pro modrozelený výtažek se exponuje přes červený filtr č. 48 L. Vrstva filmu obsahuje barevné komponenty, které účinkují po barvotvorném vyvolávání podobně jako v negativní vrstvě „žlutého“ a „purpurového“ filmu.

AGFA SPEZIAL FILM se používá k výtažkům z barevných předloh, z barevných negativů a pozitivů.

Při reprodukci barevné pozitivní předlohy obdržíme dílčí výtažkové negativy, z nichž se zhotoví kontaktem na nesenzibilizovaný polotónový film (např. Agfa B) pozitivní kopie, čímž získáme korigovaný černobílý pozitiv příslušné výtažkové barvy. Další zpracování těchto pozitivů se provede podle jednotlivých tiskových technik.

Je-li předlohou barevný negativ, obdržíme po fotografickém zpracování výtažkového filmu korigované barevné pozitivy, z nichž se zhotoví negativní kopie na nesenzibilizovaný polotónový film, který se dále zpracovává individuálně podle zvolené tiskové techniky.

### **Zhodnocení materiálu AGFA Wolfen z hlediska použitelnosti v kartografické reprodukci**

Fototechnický materiál AGFA Wolfen je pro veškeré fotoreprodukční práce vhodnější než u nás vyráběný materiál FOMA.

Pro přímé barevné výtažky lze použít filmu a desek AUTOLITH Pan při použití filtrů 46 L, 647 L a 48 L. Výtažkové negativy, vyvolané paraformaldehydovou vývojkou, jsou po fotolitografickém zpracování dostatečně kvalitním podkladem pro tisk.

Pro pérové a síťové negativy se používá film a deska AUTOLITH Ortho.

Pro reprodukci černobílých a barevných polotónových předloh jsou vhodné filmy i desky A, B, C, nesenzibilizované, orthochromatické i panchromatické.

V kartografické reprodukci je u nás nejpoužívanější film PRINTON EXTRA nesenzibilizovaný. Používá se pro zhotovení soukopií polohopisu, výškopisu a vodstva topografických map, které slouží ke zhotovení montážních listů pro výrobu odvozených map. Pro potřebu kartolitografie je možno použít fototechnické desky nesenzibilizované nebo stahovacího filmu, které mohou nahradit dosud používanou mokrokolidovou desku.

Všeobecnou nevýhodu materiálu AGFA Wolfen je rozměrová nestálost filmů, která vylučuje jejich použití pro přesné fotoreprodukční práce. Některé materiály nedosahují žádoucího krytí, brilance a ostrosti, jaké se docílí mokřým procesem kolodiovým. Je to způsobeno difusí v citlivé vrstvě, silnou emulzní vrstvou a vyšším závojem materiálu AGFA.

#### *Fototechnický materiál AGFA (Leverkusen - NSR)*

Západoněmecká AGFA vyrábí fototechnické desky a filmy řady A, B, C, přibližně ve stejném sortimentu a kvalitě, jako AGFA Wolfen - NDR. Některé z filmů, např. fototechnický film B, nesenzibilizovaný, fototechnický film B panchromatický, atd., jsou zhotoveny na polykarbonátové podložce, která je rozměrově stálá.

Místo materiálu Autolith vyrábí západoněmecká AGFA fototechnické desky a filmy AGFALITH, které se stráností a ostatními vlastnostmi řadí k materiálu nejtvrďší gradace, jako je GEVAERT - Litholine, FERRANIA - Ferralit, Kodak - Kodalith, PERUTZ-Peruline, atd.

Agfalith Ortho se používá pro zhotovení čárových a síťových negativů a pozitivů z černobílých předloh, Agfalith Pan pro zhotovení čárových a síťových negativů a pozitivů z barevných předloh.

Pro maskovací techniku se používají Agfa - Kom-Bi filmy, jež umožňují zhotovení fotomechanicky korigovaných barevných výtažků z vícebarevných předloh. Nejvhodnějšími předlohami pro tento film jsou barevné negativy a barevné diapozitivy (např. Agfacolor, Kodacolor, Gevacolor apod.). K reprodukci těchto předloh se používá tři druhů Agfa-Kom-Bi filmů, a to žlutého, červeného a modrého filmu.

Kom-Bi filmy jsou shodné s materiálem Agfacolor, ovšem s tím rozdílem, že nemají 3, nýbrž pouze 2 citlivé vrstvy.

Po osvětlení a barvotvorném vyvolání mají Kom-Bi filmy tento barevný vzhled:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| pro žlutý výtažek:       | 1. vrstva purpurová,<br>2. vrstva modrozelená,<br>výsledné zbarvení modrofialové; |
| pro purpurový výtažek:   | 1. vrstva žlutá,<br>2. vrstva modrozelená,<br>výsledné zbarvení žlutozelené;      |
| pro modrozelený výtažek: | 1. vrstva žlutá,<br>2. vrstva purpurová,<br>výsledné zbarvení žlutočervené.       |

Osvětlení jednotlivých filmů se provádí bez filtrů v kontaktu s předlohou. Pak následuje normální vyvolání v barvotvorné vývojce, bělení a ustalování, čímž se dosáhne dvoubarevných pozitivů nebo negativů s výše uvedeným zbarvením.

Pro vlastní zhotovení barevných výtažků jsou jednotlivé Kom-Bi filmy po barvotvorném zpracování přesně slicovány s předlohou. Přitom se vždy 2 barvy předlohy spojí s oběma vrstvami příslušného Kom-bi filmu barevně a gradačně tak, že při výtažku s použitím filtru na panchromatický polotónový materiál je účinná pouze třetí (zbývající) barva předlohy. Výtažky se zhotovují obvyklým způsobem s použitím modrého, zeleného a červeného filtru.



Pro lícování jsou Kom-bi filmy opatřeny lícovacími otvory. Vlastní lícování s negativní nebo pozitivní barevnou předlohou se provádí na speciálním mechanickém zařízení, tzv. tříbodovém systému lícování.

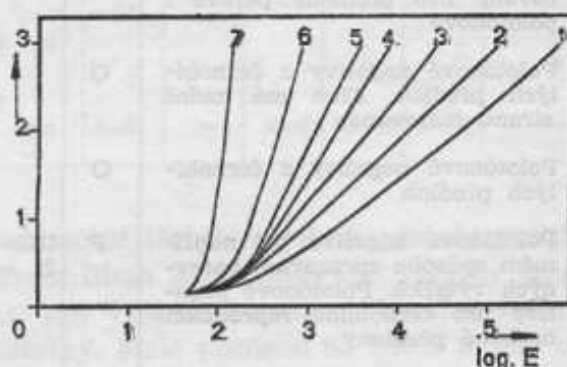
#### Zhodnocení výrobků AGFA (NSR) s ohledem na použitelnost v kartografické reprodukci

Pro reprodukci kartografických originálů čárových i polotónových je vhodný materiál AGFALITH ORTHO, vyráběný na rozměrově stálé podložce, který svými vlastnostmi plně nahradí u nás dosud používané mokré kolodiové desky.

Materiál AGFALITH PAN se hodí pro reprodukci barevných mapových předloh, jakými jsou např. vícebarevné tisky, vícebarevné kartografické předlohy atd.

#### Fototechnický materiál FERRANIA (Itálie)

Italská firma FERRANIA vyrábí dosti široký sortiment fotoreprodukčního materiálu, jež můžeme využít pro všechny druhy fotoreprodukčních prací. Jde o materiál pro pérovou, polotónovou, sířovou, černobílou a barevnou reprodukci včetně maskovacích filmů. Pro srovnání je materiál shrnut do tabulky, která dává přehled o jeho nejdůležitějších vlastnostech. Srovnání gradace jednotlivých druhů materiálu je uvedeno v obr. 5.



Obr. 5. Přehled gradace fototechnického materiálu Ferrania

Křivka č.	Gradace	Materiál
1	měkká	PS 10
2	normální	Normale, Normale Orto, Normale Pancro Rapida,
3	brilantní	PS 20
4	tvrdá	Contrasto, Contrasto Pancro,
5,6	velmi tvrdá	Extra Contrasto, Process Contrasto Orto, Ultra Contrasto Orto, Recta,
7	nejtvrďší	Ferralit Orto

Přesto, že jsme neměli možnost podrobit všechny druhy materiálu FERRANIA vlastním zkouškám, lze na základě dostupné odborné literatury doporučit používat v kartografické reprodukci 2 druhy materiálu pro černobílou reprodukci.

Fototechnický film Ferralit Orto svými vlastnostmi plně nahradí u nás dosud používané mokré kolodiové desky. Jeho strmost dosahuje hodnoty  $\gamma = 7,6$ . Vyrábí se na polystyrenové podložce. Z těchto důvodů je film Ferralit Orto velmi vhodný pro reprodukci kartografických originálů; negativy dosahují maximálního krytí při dokonalé čistotě kresby.

Orthochromatický film Controtipo Diretto (viz obr. 6) slouží k přímému zhotovení pozitivu s pozitivní předlohy nebo negativu s negativní předlohy v normální vývojce bez inverze. Lze jej použít pro zhotovení diapositivů názvosloví, pro koncept výplní lesů a všude tam, kde je třeba z dané předlohy zhotovit rychle pozitivní kopii na filmu.

#### Fototechnický materiál GEVAERT

GEVAERT vyrábí celkem 19 druhů citlivých emulzí, použitelných pro všechny tiskové techniky. Tyto emulze jsou nanášeny buď na skle nebo na fólii z triacetátu celulózy různé tloušťky, nebo na fólii z polystyrenu.

Tabulka 6. Charakteristika fototechnického materiálu FERRANIA

Označení		Použití	Sen- zibi- lizace	Citlivost	Gradace	Vývojka
desky	filmy					
—	EXTRA CONTRASTO	Pérové a sířové negativy a po- zitivny. Polotónové negativy ze zvláště měkkých předloh. Vý- sledná gradace závisí na složení vývojky a době vyvolávání	N		brilantní až extra tvrdá	R 6 R 22
—	PROCESS CONTRASTO ORTO	Pérové a sířové negativy z čer- nobílých předloh	O		zvláště tvrdá	R 6 R 22
ULTRA CONTRASTO ORTO	—					
—	RECTA	Pérové a sířové negativy a pozi- tivy	N		zvláště tvrdá	R 6 R 22
FERRALIT ORTO	FERRALIT ORTO	Pérové a sířové negativy nebo pozitivny z černobílých předloh. Podložka = polysterén	O		ultra tvrdá, $\gamma \approx 7,6$	R 6 R 22
	CONTROTIPO DIRETTO	Proces s negativu negativ, s po- zitivu pozitiv bez inverzního zpra- cování. Pro předlohy pérové i polotónové	O			R 6 R 9 R 14 R 22
NORMALE	NORMALE	Polotónové negativy z černobí- lých předloh. Film má zadní stranu matovanou	O		normální	R 6 R 18 a R 36
NORMALE ORTO	NORMALE ORTO	Polotónové negativy z černobí- lých předloh	O		normální	R 6 R 18 a R 36
—	PS 10	Polotónové negativy při nepří- mém způsobu zpracování barev- ných výtažků. Polotónové negati- vy pro černobílou reprodukci barevné předlohy	P	UL = 22°DIN Z = 21°DIN	měkká	R 6 R 14
SUPER PANCRO 8000 HD	—	Polotónové negativy při nepří- mém způsobu zhotovení barev- ných výtažků	P			R 6 R 18 a
—	PS 20	Výtažkové negativy ze skic, akvarelů, atd. Polotónové negati- vy z barevných předloh pro čer- nobílou reprodukci	P	UL : 15°DIN Z : 14°DIN	brilantní	R 6 R 14
NORMALE PANCRO RAPIDA	—	Výtažkové negativy ze skic, akvarelů, atd. Polotónové negati- vy z barevných předloh pro čer- nobílou reprodukci	P		normální	R 18 R 6
CONTRASTO	CONTRASTO	Polotónové negativy a pozitivny v hlubotiskových technikách z ori- ginálů chudých na kontrast	N		tvrdá	R 6 R 36
CONTRASTO PANCRO	—	Výtažkové negativy ze skic, akvarelů, atd. Polotónové negati- vny černobílou reprodukci barevných předloh	P		tvrdá	R 6
ULTRA CONTRASTO PANCRO (Process)	—	Výtažkové sířové negativy z ba- revných předloh	P		zvláště tvrdá	R 6 R 22
ULTRA CONTRASTO PANCRO RAPIDA	—	Přímé barevné výtažky z barev- ných předloh	P		zvláště tvrdá	R 6 R 22
—	PSM	Maskovací film. Pro zhotovení korekčních masek při nepřímém způsobu zhotovení barevných vý- tažků	P			R 6

Tabulka 7. Recepty pro sestavení vývojek FERRANIA

CHEMIKÁLIE		R 6	R 9	R 12	R 14	R 18a	R 22		R 35		R 36	R 37
							A	B	A	B		
voda	ml	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	250	250	1000	1000
metol	gr	1	2	—	3	2	—	—	—	—	3	—
pyrosiřičitan draselný	gr	—	—	—	—	—	25	—	—	2,6	—	10
siřičitan sodný bezvodý	gr	25	40	25	50	100	—	—	30	0,25	20	30
kyselina boritá	gr	—	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—	—
hydrochinon	gr	3,5	5	—	9	5	25	—	22,5	—	2,5	25
glycin	gr	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
borax	gr	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
uhličitan sodný bezvodý	gr	25	30	—	50	—	—	—	—	—	12	50
potaš	gr	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—
paraformaldehyd	gr	—	—	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—
hydroxyd sodný	gr	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—
bromid draselný	gr	0,75	0,3	—	3	—	25	—	1,5	—	1	4
Poměr míšení		—	—	—	—	—	1	1	3	1	—	—
Vyvolávací doba při teplotě 18° C	m						3'					
Vyvolávací doba při teplotě 20° C	m	3-6'	—	4-6'	5-6'	6-10'	—		2-3'		8'	3-4'

Velmi přehledné je označení těchto výrobků, protože vystihuje všechny vlastnosti příslušného materiálu. Za názvem filmu nebo desky je velkým písmenem vyznačena citlivost k barvám, následuje číslice pro vyjádření strmosti emulze. Další číslice, která není uváděna u desek, vyjadřuje sílu podložky. Malé písmeno na konci tohoto označení udává některé speciální vlastnosti materiálu, jako na př. druh podložky atd.

Citlivost k barvám je vyjádřena písmeny:

- N = nesenzibilizovaný materiál
- O = orthochromatický materiál
- P = panchromatický materiál
- I = infračervený materiál

Strmost emulze je vyjádřena číslicemi 1, 2, 3, 4, 5 a 8. Číslice vyjadřují toto rozdělení strmosti (gradace) emulze:

- 1 = měkká gradace
- 2 = normální gradace
- 3 = brilantní gradace
- 4 = tvrdá gradace
- 5 = velmi tvrdá gradace
- 8 = nejtvrďší gradace

Grafické znázornění vzájemného vztahu jednotlivých gradací je uvedeno na obr. č. 7. Výsledná gradace zpracovaných výrobků se může od uvedených křivek lišit, tzn., že může obsáhnout mezihodnoty. Závisí to především na materiálu samém a na použité vývojce, která může do značné míry ovlivnit kontrast negativu či pozitivu.

Síla podložky filmu je označena číslicemi:

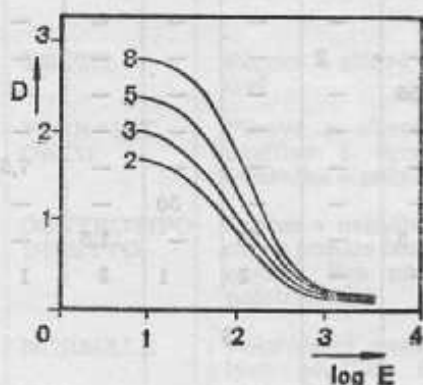
- 1 = 0,10 mm
- 2 = 0,14 — 0,17 mm
- 3 = 0,20 mm.

Jako speciální vlastnosti materiálu se označují: polystyrénová podložka písmenem *p*, stahovací film písmenem *s*, matovaná zadní strana filmu písmenem *m* ap.

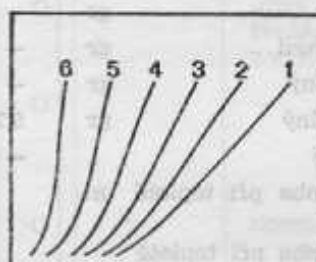
Na příklad označení: 0 82 *s* vyjadřuje, že jde o orthochromatický film nejtvrďší gradace (8), o síle podložky v rozmezí 0,14–0,17 mm, se stahovací emulzí (*s*).

I 4 označuje infračervenou desku tvrdé gradace.

N 33 = nesenzibilizovaný film brilantní gradace o síle podložky 0,20 mm s matovanou zadní stranou.



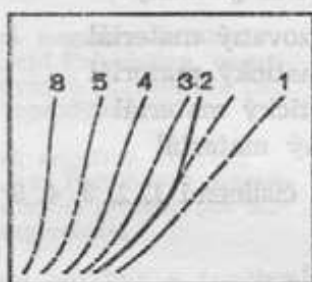
Obr. 6



Obr. 7

Uvedené příklady ukazují, že označení materiálu GEVAERT je velmi srozumitelné a účelné a mělo by být užíváno všemi výrobci citlivého fototechnického materiálu.

Jedním z nových výrobků je orthochromatický film normální gradace CORRECTONE C O 23 (viz obr. 8).



Obr. 8

CORRECTONE C O 23 je dvouvrstvý film. Tvrdě pracující orthochromatická vrstva je nanášena na nesenzibilizované normálně pracující emulzi. Tento film koriguje ztrátu detailů ve světlech a stínech, ať je použit jako negativní či pozitivní materiál. Na vrstvách CORRECTONE filmu se zobrazí více podrobností ve světlech a stínech, přičemž světla jsou podstatně vyšší a stíny podstatně hlubší, čímž se na reprodukovaném obraze zvýší jeho rozsah kontrastu.

CORRECTONE film se exponuje dvakrát. Nejprve s normální expoziční dobou, druhá expozice, která má korigující účinek, se provádí přes hustý žlutý filtr.

Používá se pro zhotovení negativů z černobílých předloh a pozitivů při nepřímých barevných výtažcích.

Tabulka 8 Charakteristika fototechnického materiálu GEVAERT

Označení		Použití	Sen- zibi- lizace	Gradace	Vývojka
desky	filmy				
—	GRAPHIC P 13, P 13 m	Polotónové výtažkové negativy z vícebarevné předlohy při nepřímém výtažkovém způsobu. Zadní strana filmu matována	P	měkká	G 201, 212, 217 A, 224
—	NORMAL N 23	Polotónové negativy z černobílých předloh. Polotónové pozitivy při nepřímém způsobu zhotovení barevných výtažků pro ofset	N	normální	G 201, 212, 217 A, 224
NORMAL ORTHO O 2	NORMAL ORTHO O 23, O 23 m	Polotónové negativy z černobílých předloh. Zadní strana filmu je matována	O	normální	G 201, 212, 217 A, 224
GRAPHIC P 2	GRAPHIC P 23	Polotónové negativy pro nepřímé barevné výtažky. Polotónové negativy z vícebarevných předloh	P	normální	G 201, 212, 224, 253
GRAPHIC N 3	—	Polotónové negativy z černobílých předloh, polotónové pozitivy pro nepřímé barevné výtažky	N	brilantní	G 201, 212, 217, 224
—	CONTRAST N 31, N 31 m, N 32 p, N 33, N 33 m	Polotónové negativy z méně kontrastních černobílých předloh. Polotónové pozitivy kontaktem z výtažkových negativů zhotovených nepřímým způsobem. Polystyrénová podložka, matná zadní strana filmu	N	brilantní	G 201, 212, 217 A
CONTRAST ORTHO O 3	—	Polotónové negativy z černobílých předloh	O	brilantní	G 201, 212, 217 A, 224
GRAPHIC P 3	GRAPHIC P 32 p	Polotónové negativy pro nepřímý způsob zhotovení barevných výtažků. Polotónové negativy z vícebarevných předloh. Film se dodává na polystyrénové podložce	P	brilantní	G 201, 212, 217 A, 224
Process N 4	PROCESS N 43, N 43 m	Polotónové pozitivy při nepřímém způsobu zhotovení barevných výtažků. Síťové pozitivy z polotónových negativů	N	tvrdá	G 201, 212, 217 A, 220
—	PROCESS PAN P 43	Pérové a síťové barevné výtažky. Polotónové pozitivy z barevných negativů.	P	tvrdá	G 201, 220
IR PROCESS I 4	—	Polotónové negativy při výtažkovém procesu pro barevný výtažek černé barvy přes infračervený filtr R 719. Maximum citlivosti je při 8000 Å	I	tvrdá	G 201, 220
DIPOS CONTACT N 5	DIPOS CONTACT N 51	Pérové a síťové negativy a pozitivy, zhotovené kontaktem nebo ve fotoreprodukčním přístroji z černobílých předloh	N	velmi tvrdá	G 201, 220
PROCESS EXTRA ORTHO O 5	PROCESS EXTRA ORTHO O 53	Pérové a síťové negativy z jednobarevných a vícebarevných předloh (bez červené barvy), síťové pozitivy z polotónových negativů	O	velmi tvrdá	G 201, 220
—	DIPOS RAPID O 51	Pérové a síťové negativy z jednobarevných a vícebarevných předloh (bez černé barvy). Síťové pozitivy z polotónových negativů	O	velmi tvrdá	G 201, 220
PROCESS EXTRA PAN P 5	—	Pérové nebo síťové výtažkové negativy zhotovené přímým způsobem	P	velmi tvrdá	G 201, 220
RAPID PRO- CESS EXTRA PAN RP 5	—	Pérové nebo síťové výtažkové negativy zhotovené přímým způsobem	P	tvrdá velmi	G 201, 220
LITHOLINE ORTHO O 8	LITHOLINE ORTHO O 81, O 82, O 82 p, O 82 s	Pérové a síťové negativy a pozitivy z černobílých předloh. Síťové pozitivy z polotónových výtažkových negativů. O 82 p — podložka z polystyrénu. O 82 s — stahovací film	O	ultra tvrdá	G 218 A G 226
LITHOLINE PAN P 8	LITHOLINE PAN P 82, P 82 p	Pérové a síťové výtažkové negativy z barevných předloh, zhotovené přímým způsobem. P 82 p — podložka na polystyrénu	P	ultra tvrdá	G 218 A G 226

Tabulka 9. Recepty pro sestavení vývojek GEVAERT

Chemikálie		G 201	G 212	G 217 A	G 224	G 220		G 218 A	G 226	G 253
						A	B			
voda 40° C	ml	800	800	800	800	800	800	800	800	800
metol	gr	1,5	2	—	6	—	—	—	—	3
syřičitan sodný kryst.	gr	100	50	250	180	—	—	60	60	40
paraformaldehyd	gr	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—
kyselina boritá kryst.	gr	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—
hydrochinon	gr	6	1,5	—	—	25	—	23	25	—
uhličitan sodný kryst.	gr	80	75	—	—	—	—	—	135	50
pyrosiřičitan draselný	gr	—	—	—	—	25	—	2,5	10	—
borax	gr	—	—	—	3	—	—	—	—	—
rhodanid draselný	gr	—	—	—	1	—	—	—	—	—
glycin	gr	—	—	50	—	—	—	—	—	—
uhličitan draselný	gr	—	—	250	—	—	—	—	—	—
hydroxyd draselný	gr	—	—	—	—	—	50	—	—	—
bromid draselný	gr	2	0,5	—	0,5	25	—	1,5	4	1
doplnit vodou na	ml	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
poměr mísení		—	—	—	—	1	1	—	—	—
vyvolávací doba při T = 20° C	m	3–5'	3–5'	4–8'	5–8'	2,5–3'		2,5–3'	4'	3–5'

Zhodnocení citlivého materiálu GEVAERT z hlediska využití v kartografické reprodukci

Podle provedených zkoušek lze pro kartografickou reprodukci doporučit tyto druhy materiálu GEVAERT:

- Litholine Ortho O 8
- Litholine O 81 p
- Litholine Ortho O 82 p
- Litholine Stripping O 82 s
- Litholine Pan P 8
- Litholine Pan P 82 p
- Process Extra Ortho O 5
- Process Extra Ortho O 53
- Autoreversal

Emulze Litholine svojí strmostí a ostatními vlastnostmi plně nahradí a předčí dosud používané mokré kolodiové desky. Filmy Litholine O 81 p a O 82 p se vyrábějí na polystyrénové podložce, která je prakticky rozměrově stálá, a jsou vhodné zejména pro reprodukci kartografických originálů černobílých, eventuálně i kartografických předloh, kde může být náplň výkreslena různými barvami; v tomto případě se uplatní film Litholine Pan P 82 p. Materiálu Litholine je možno rovněž použít i při reprodukci originálů stínovaného terénu, při zhotovování filmových soukopií pro montáž odvozených map, při reprodukci názvosloví, při zhotovování „stahovaček“ písma i smluvených značek atd. Rovněž Autoreversal nalezne uplatnění všude tam, kde je třeba rychle zhotovit pozitiv přímo ve fotoreprodukčním přístroji.

Používání výrobků GEVAERT pro kartografickou reprodukci je po všech stránkách výhodné. Bohatostí sortimentu předčí GEVAERT většinu výrobců fototechnického materiálu. Bude-li se u nás uvažovat o náhradě mokrého procesu kolodiového suchým fototechnickým materiálem, pak doporučujeme, aby po dobu, než podobný materiál bude vyrábět FOMA, byly zavedeny výrobky GEVAERT, které svojí kvalitou a mnohostranností použití zajistí stabilizaci technologických postupů ve fotografické reprodukci.

Tabulka 10. Charakteristika fototechnického materiálu KODAK

Označení		Použití	Sen- zibi- lizace	Citlivost	Gradace	Vývojka
desky	filmy					
—	Gravure Copy	Pro zhotovení polotónových negativů a pozitivů	O	UL : 8°DIN Ž : 5°DIN	brilantní	D 11 DK 60 Dektol
P-1200	—	Výtažkové negativy z barevných polotónových předloh, zvláště z barevných diapositivů	P	UL : 14°DIN Ž : 15°DIN	normální	D 11 DK 50
—	KODATONE TYPE 1	Pro zhotovení pozitivu z pozitivní polotónové předlohy přímým způsobem bez inverze, kontaktem nebo ve fotoreprodukčním přístroji	N	není uváděna	regulo- vateľná	Dektol
—	KODELIO	Pro zhotovení polotónových negativů a pozitivů z černobílých předloh. Vyrábí se na polystyrénové podložce	N	UL : 18°DIN Ž : 9°DIN	normální	D 11 DK 50
—	COMMERCIAL PB	Pro zhotovení polotónových negativů a pozitivů z černobílých předloh. Vyrábí se na polystyrénové podložce	N	UL : 14°DIN Ž : 10°DIN	normální	D 11 DK 50
—	ORTHO MASKEN PB	Pro zhotovení rozostřených masek pro korigování výtažkových negativů. Vyrábí se na polystyrénové podložce.	O	není uváděna	měkká	D 11
—	PAN MASKEN PB	Pro zhotovení rozostřených masek z barevných diapositivů a výtažkových negativů. Vyrábí se na polystyrénové podložce	P	není uváděna	měkká	D 11
—	SEPARATION NEGATIVE PB	Pro zhotovení barevných výtažkových negativů z barevných polotónových předloh a korekturních masek s nízkým rozsahem kontrastu. Vyrábí se na polystyrénové podložce	P	UL : 11°DIN Ž : 12°DIN	měkká až brilantní	D 11 DK 50
—	PANATOMIC X PB	Pro zhotovení polotónových výtažkových negativů z předloh s malým kontrastem, např. z akvarelů, vyrábí se na polystyrénové podložce	P	UL : 11°DIN Ž : 13°DIN	měkká až brilantní	D 11 DK 50
—	SUPER XX PB	Pro zhotovení výtažkových negativů ze všech druhů barevných polotónových předloh. Vyrábí se na polystyrénové podložce	P	UL : 15°DIN Ž : 16°DIN	měkká až normální	
P 600	—	Pro zhotovení výtažkových negativů z barevných polotónových předloh. Pro zhotovení jednostupňových korekturních masek. Pro maskovací způsob KODAK MAGENTA	P	UL : 11°DIN Ž : 12°DIN	měkká	D 11 DK 50
P 300	—	Pro zhotovení barevných výtažkových negativů a barevných polotónových předloh. Pro zhotovení barevných výtažků pro maskovací způsob MAGENTA	P	UL : 4°DIN Ž : 5°DIN	normální	D 11 DK 50
—	KODALITH ORTHO TYPE 3, 3 PB	Pro pérové a síťové negativy a pozitivy zhotovené v reprodukčním přístroji nebo kontaktem. Vyrábí se na polystyrénové podložce	O	UL : 13°DIN Ž : 10°DIN	ultra tvrdá	Kodalith, Kodalith Superline, D 85
—	KODALITH AUTOSCREEN ORTHO	Pro zhotovení síťových negativů pro fotolitografii. Současně může být reprodukováno i písmo, aniž došlo ke snížení jeho čitelnosti. Na filmu jsou předem naexponovány puntíky 54linkové sítě	O	UL : 9°DIN Ž : 7°DIN	ultra tvrdá	Kodalith, Kodalith Superline

Označení		Použití	Sen- zibi- lizace	Citlivost	Gradace	Vývojka
desky	filmy					
—	AUTOPOSITIV	K přímému zhotovení negativů z negativů a pozitivů z pozitivních předloh jednoduchým osvětlením a vyvoláním bez inverze. Vyrábí se na polystyrénové podložce	N	není uvedena	ultra tvrdá	Kodalith, Kodolith Superline, D 72
—	CONTACT	Kontaktní kopie z pérových a síťových negativů. Vyrábí se na acetátové a polystyrénové podložce	N	není uvedena	tvrdá	D 11
—	KODALITH STRIPPING	Stahovací film používaný v chemigrafii a fotolitografii	O	UL : 12°DIN Z : 5°DIN	ultra tvrdá	Kodalith, Kodolith Superline
—	KODALITH SUPER ORTHO	Čárové a síťové negativy a pozitivy z černobílých předloh. Vyrábí se na acetátové a polystyrénové podložce	O	UL : 10°DIN Z : 8°DIN	ultra tvrdá	Kodalith, Kodolith Superline
—	KODALITH PAN	Barevné síťové výtahkové negativy přímým způsobem. Reprodukce všech pérových barevných předloh. Vyrábí se na acetátové a polystyrénové podložce	P	UL : 14°DIN Z : 13°DIN	ultra tvrdá	Kodalith, Kodolith Superline
P - 200 RAPID	—	Síťové negativy z barevných polotónových předloh	P	vysoce citlivý	ultra tvrdá	D 8 D 158

Vysvětlivky: N = nesenzibilizovaný, O = orthochromatický, P = panchromatický, UL = uhlík. lampy, Z = žárovky

### Fototechnický materiál KODAK (USA)

Výrobky KODAK patří mezi nejznámější fotografické materiály. V oboru fototechnického materiálu vyrábí KODAK bohatý sortiment citlivých emulzí, které plně vyhovují všem požadavkům současných reprodukčních technik. Většina filmů je vyráběna na rozměrově stálé podložce z polystyrénu a výroba skleněných desek je stále více omezována. Důkazem toho je, že KODAK vyrábí v současné době pouze 5 druhů emulzí na skleněné podložce.

**Tabulka 11 Recepty pro sestavení vývojek KODAK**

Chemikálie	Označení vývojky			
	D-11	DK-50	D-85	D-158
voda 50°C	500 ml	500 ml	500 ml (30°C)	500 ml
metol	1 gr	2,5 gr	—	3,2 gr
sířičitan sodný bezv.	—	30 gr	30 gr	50 gr
paraformaldehyd	—	—	7,5 gr	—
pyrosířičitan draselný	—	—	2,5 gr	—
hydrochinon	9 gr	2,5 gr	22,5 gr	13,3 gr
uhličitan sodný bezv.	25 gr	—	—	69 gr
Kodalk	—	10 gr	—	—
bromid draselný	5 gr	0,5 gr	1,6 gr	0,9 gr
doplnit studenou vodou na	1000 ml	1000 ml	1000 ml	1000 ml



## Zhodnocení fototechnického materiálu KODAK z hlediska využití v kartografické reprodukci

Fototechnické filmy KODALITH vynikají vysokou ostrostí a dosahují maximálního kontrastu. Protože se vyrábějí na polystyrénové podložce, jsou vhodné pro reprodukci kartografických originálů map, přičemž plně nahradí skleněné mokrokolodiové desky.

Pro reprodukci černobílých kartografických předloh (originálů) lze zvláště doporučit tyto filmy:

KODALITH ORTHO TYPE 3 PB

KODALITH SUPER ORTHO PB

Pro reprodukci barevných pérových předloh (např. vícebarevných tisků topografických a geografických map, barevných předloh, sloužících jako podklad pro kresbu kartografických originálů atd.) je vhodný:

KODALITH PAN FILM PB

Pro reprodukci stínovaného terénu:

KODALITH AUTOSCREEN ORTHO FILM s předem nakopírovaným jádrem autotypického puntíku,

KODAK KODELIO FILM

Pro zhotovení „stahovaček“:

KODALITH STRIPPING FILM

Kartografické ústavy při svém bohatém výrobním sortimentu zpracovávají řadu zakázek, při nichž je třeba v krátké době rozmnožit ofsetovým tiskem různé pérové černobílé předlohy. Pro tyto účely by bylo možno použít

KODAK AUTOPOSITIV FILM,

který se vyrábí na acetátové i polystyrénové podložce. Na film se zhotoví ve fotoreprodukčním přístroji pozitiv běžným vyvoláním bez inverzního zpracování.

Jde-li o předlohu polotónovou, pak se použije

KODATONE FILM TYPE 1 (je vhodný pro zhotovení pozitivů pro hlubotisk).

Pro zhotovení kontaktních kopií a soukopií lze využít

KODAK CONTACT FILM,

vyráběný na acetátové i polystyrénové podložce.

Z přehledu fototechnického materiálu KODAK je zřejmé, že tyto výrobky jsou schopny plně zabezpečit fotoreprodukční provoz v každém polygrafickém závodě a tedy i v kartoreprodukčních ústavech.

## Závěr

K popisu a rozboru současných druhů suchého reprodukčního materiálu nejnámějších světových výrobců jsme přistoupili proto, že rychlý vývoj polygrafie v zahraničí si již před lety vynutil výrobu rozsáhlého sortimentu desek a filmů. Má-li se i u nás podle výnosu ministerstva spotřebního průmyslu využívat v polygrafii moderních method, aby se vyrovnal předstih zahraničního polygrafického průmyslu, pak je nezbytně nutné, aby se vedoucí a techničtí pracovníci polygrafie seznámili s materiálem a technologií používanou v zahraničí.

Proto má tento článek za úkol poskytnout našim pracovníkům v polygrafii informace o fototechnickém materiálu, který se dnes v průmyslově vyspělých zemích používá. V dalším článku se budeme zabývat novými přístroji a reprodukčními metodami, čímž bude uzavřena informace o nových směrech v reprodukci.

Tento článek se zabývá nejdůležitějšími údaji, které charakterisují jednotlivé druhy materiálu. Podle dostupnosti pramenů uvádíme i charakteristické křivky, které dobře poslouží

pracovníkům v reprodukčních provozech i ve výzkumu. Vedoucí a hospodářští pracovníci naleznou v článku dobrý přehled o nejvýznamnějších fototechnických výrobcích, takže se budou moci snadno orientovat při zavádění moderních postupů do reprodukční fotografie.

Článek jsme zaměřili hlavně na využití suchého materiálu v kartografické reprodukci. To proto, že zejména v tomto odvětví polygrafie, charakteristického ofsetovou tiskovou technikou, používá se u nás dosud výhradně mokrého procesu kolodiového. Ostatní tiskové techniky, např. knihtisk, opouštějí již používání mokré kolodiové desky, přestože ještě nedávno byla mokrá deska jodidostříbrná i bromostříbrná neoddělitelnou součástí např. chemigrafie. Pracovníci tohoto odvětví se již přesvědčili, že používáním novodobých suchých desek a filmů se zvýší kvalita reprodukce.

Je pochopitelné, že přechod od mokré desky k suchému materiálu nesmí být provázen dočasným poklesem kvality výrobků. Proto je třeba, aby si reprodukční pracovníci osvojili zásady stabilizace reprodukčních procesů, které jsou vědecky zpracovány a prakticky ověřeny. Dodržováním zásad stabilizace a využitím všech novodobých druhů materiálu, které jsou již i u nás dostupné, se jistě podaří vyrovnat předstih zahraniční reprodukční fotografie.

Dostupné informace v odborné literatuře a časopisech nestačí k tomu, abychom mohli provést popis a rozbor jiných známých fototechnických výrobků, jako např. TYPON (Švýcarsko), ANSCO (USA), PERUTZ (NSR) a ILFORD (Anglie). To by ostatně zvětšilo rozsah článku, který je, i při omezení na nejznámější výrobce, dosti obsáhlý.

Neuvedli jsme také fototechnický materiál sovětské výroby, poněvadž v odborné sovětské literatuře jsou jen stručné poznámky, které nestačí k jeho zhodnocení, nehledě na to, že dosud není možné jej prakticky vyzkoušet. Platí to zejména o filmu FT 30 a FT 31, které podle zpráv mají podobné vlastnosti jako film AGFA AUTOLITH (NDR). Nelze je tedy využít pro reprodukci kartografických originálů.

Za zmínku stojí, že u nás se vyvíjí nová kontrastně pracující emulze, která podle dosud provedených zkoušek předčí film AUTOLITH.

Pro stabilizaci reprodukčních procesů při použití suchého fototechnického materiálu je třeba, aby si reprodukční technici osvojili používání pomůcek, jako např. šedé tabulky, transparentní šedé tabulky, odrazového a průsvitového denzitometru, vizomatu atd., které slouží ke zvyšování kvality a stabilnosti reprodukčních výrobků.

I když dovoz suchých desek a filmů z kapitalistických států znamená zvýšení spotřeby valut, budou tyto výdaje nahrazeny dosažením vyšší úrovně a lepších výsledků v polygrafii a tím i v kartografické reprodukci.

Doufáme, že informace obsažené v tomto článku splní svůj úkol upozornit na nové možnosti v uplatnění suchých bromostříbrných vrstev v současné fotografické reprodukci a že bude podnětem pro modernizaci provozu v naší reprodukční fotografii.

#### Literatura:

- [1] GEVAERT: Graphisches Material.
- [2] Fachhefte, č. 1/1959, str. 61–64.
- [3] Agfa Repro Photomaterial für die Reproduktionstechnik.
- [4] Agfa Repro-Notizen 2.
- [5] Die Agfa-Spezial-Farbauszugsfilme.
- [6] Fachhefte, č. 2/1959, str. 64, 66, 68, 117, 116, 123, 126.
- [7] Phototechnisches Material Ferrania.
- [8] Verarbeitungs-Vorschriften für Ferrania-Erzeugnisse.
- [9] Druck und Reproduktion, č. 12/1958: Zweischichtenfilme, neue Aufnahmematerialien in der Reprotechnik, I., str. 173–174.
- [10] KODAK - Technische Dokumentation.
- [11] Kartografický přehled, ročník XI/1957, č. 3: Otázka rozměrově stálých filmů.
- [12] Kartografický přehled, 1957, č. 3: Pokroky kartografické reprodukční techniky.
- [13] W. Engelbert, Zeitschrift für Vermessungsschau, č. 1/1957, str. 8.
- [14] Der Polygraph, č. 16/1954, Agfa-Kom-Bi-film.
- [15] Der Druckspiegel, č. 4/1955, Agfa-Kom-Bi-film.
- [16] Fachhefte, č. 3/1959, str. 170–171.

## Elektronika pomáhá malé mechanizaci

Vítězství socialismu nad kapitalismem v hospodářském soutěžení je podmíněno stálým a rychlým růstem produktivity práce. K tomu pomáhá především prudký rozvoj techniky, v kterém hlavními směry rozvoje jsou:

1. elektrifikace,
2. chemizace,
3. automatizace a mechanizace,
4. využití atomové energie k mírovým účelům.

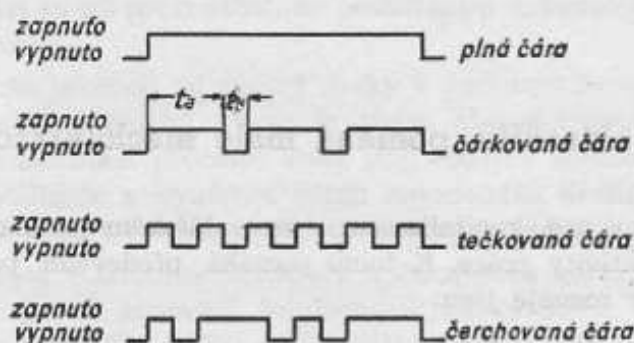
Do všech těchto oborů proniká stále více elektronika, která dnes už dávno překročila stadium, v němž hlavním polem její působnosti byla oblast sdělovací techniky (přičemž sdělovací techniku chápeme v původním slova smyslu). Průmyslová elektronika umožňuje stupňování produktivity práce v míře dosud nepoznané. I když stupeň rozvoje elektroniky je již dnes poměrně vysoký, z hlediska svých perspektiv je nepochybně v samých začátcích. Její budoucí možnosti nebo dokonce meze jejího uplatnění můžeme dnes posuzovat zrovna tak málo, jako si dnes nedovedeme ani udělat představu o prostředcích, kterých se bude v elektronice užívat třeba v příštím století.

Elektronika bude nesporně v ohromné míře ovlivňovat celou lidskou společnost a její vývoj. V podmínkách socialistické společnosti nebudou však s rozvojem elektroniky spojeny důsledky, které známe z kapitalistické společnosti. To, že v kapitalistické společnosti propouštějí průmyslové koncerny 20, 40 i více procent zaměstnanců poněvadž jsou v důsledku automatizace průmyslových provozů nepotřební, že pojišťovny tam propouštějí 97% (!) svých zaměstnanců, kteří byli nahrazeni elektronickými samočinnými počítači, že se dnes začíná objevovat termín „technologická nezaměstnanost“, to vše není důsledkem rozvoje moderní techniky umožněného rozvojem elektroniky, nýbrž důsledkem neschopnosti kapitalistického systému řešit rozpory jemu vlastní. Teprve v socialistické společnosti se plně uplatní přednosti moderní techniky: plody technického rozvoje slouží celé společnosti.

Jaké možnosti dává dnes průmyslová elektrotechnika? Umožňuje zcela nebo alespoň zčásti provádět, řídit a kontrolovat nejrůznější výrobní procesy. Elektronické přístroje jsou schopny registrovat pochody a stavy v sledovaném procesu, měřit různé veličiny, vyvozovat z toho logická rozhodnutí a formou povelů je předávat dál. Již dnes jsou mnohé pracovní procesy v různých odvětvích průmyslové výroby téměř výhradně vykonávány elektronickými přístroji. Tam, kde dříve vykonávalo sto dělníků více či méně namáhavou tělesnou práci, je dnes deset kvalifikovaných inženýrů, kteří dosáhnou mnohonásobku dřívějšího výkonu ve stejné kvalitě, která již prakticky není ovlivňována lidskou nespolehlivostí.

Je proto třeba, abychom využili možností elektroniky na těch úsecích geodetické, fotogrammetrické a kartografické praxe, na kterých se může uplatnit. V našich plánech výstavby musí být — jak píše inž. Sieber [1] — obsažena konkrétní opatření, umožňující plné využití nejmodernějších poznatků z oboru elektroniky pro geodetickou a kartografickou praxi.

Máme sklon spojovat vždycky s pojmem elektrotechnika představu takových velkých a komplikovaných zařízení, která elektronicky měří, počítají, řeší různé úkoly nebo řídí a kontrolují výrobní postupy. Taková představa není správná. Je možné i zcela skromnými prostředky automatizovat drobné dílčí úkony, a tím je buď zrychlit a učinit spolehlivějšími, nebo oprostít od potřeby lidské práce, kterou pak lze věnovat jiným náročnějším pracím. Dále chceme ukázat, jak lze jednoduchými prostředky ve fotogrammetrii automatizovat malou část procesu stereoskopického vyhodnocování.



Obr. 1.

Vyhodnocování dvojice leteckých snímků např. na stereoplanigrafu je postup, který je již sám o sobě do značné míry mechanizován. Principiálně vzato, není totiž stereoplanigraf nic jiného než analogový počítač, který je schopen opticko-mechanickým způsobem spojitě vyjadřovat funkční závislost mezi mapou a leteckým snímkem. K obsluze takového přístroje je zapotřebí dvou pracovníků:

1. vyhodnocovatele, který nastavuje měřickou značkou potřebné snímkové body nebo ji plynule vede po konturách na snímku zobrazených, a
2. pomocníka, který graficky fixuje vyhodnocené souřadnice tužkou koordinátografu, spojeného s vyhodnocovacím strojem, na kreslicí list.

Zde ovšem automatika končí. Ostatní práce pomocníka, to je

a) vykreslování tečkovaných, čárkovaných a čérchovaných čárových prvků kresby pravidelným zdviháním a spouštěním tužky koordinátografu a

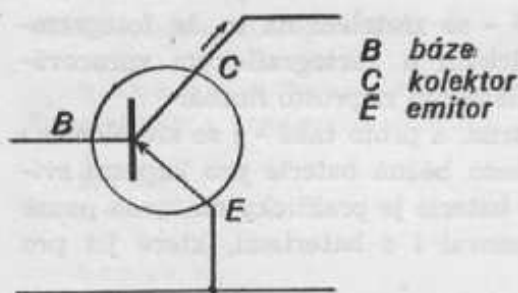
b) další vykreslování vyhodnocené kresby podle platných směrnic, musí se již vykonat ručně. Práci pomocníka uvedenou v bodě b) může vykonat též vyhodnocovatel, jestliže nahradíme mechanické spojení mezi vyhodnocovacím strojem a koordinátografem elektrickým, použitím selsynů, čímž se umožní přemístění koordinátografu do bezprostředního dosahu vyhodnocovatele. Kdyby se podařilo ještě vyřešit úlohu uvedenou v bodě a) jiným vhodným způsobem, mohl by vyhodnocovatel pracovat bez pomocníka a stereoplanigraf by se stal strojem, který by byl obsluhován jediným pracovníkem. Tím by podstatně vzrostla produktivita práce.

Zaměříme-li se však hlouběji na tuto otázku, je automatické řešení úlohy uvedené v bodě b) přímo nasnadě. Stačí, abychom v určitých vhodných časových intervalech zapínali a vypínali elektromagnet, který ovládá zvedání a spouštění tužky koordinátografu (obr. 1).

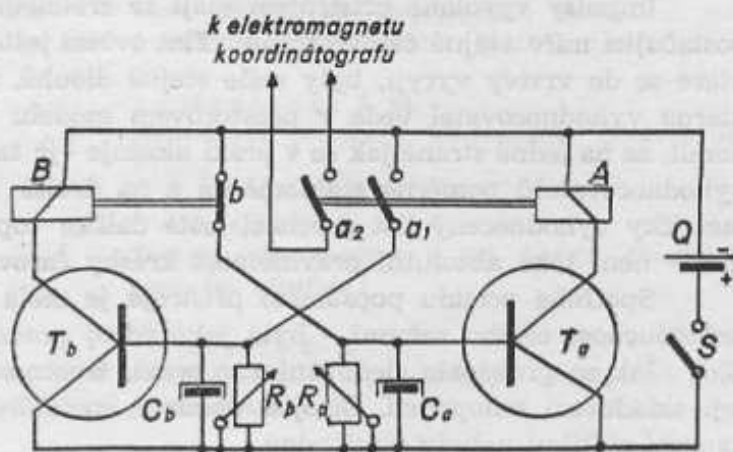
U stereoplanigrafu může sice vyhodnocovatel ovládat elektromagneticky tužku koordinátografu, v praxi to však lze uskutečnit jen s potížemi, poněvadž zahrocená tuha se spuštěním tužky často ulamuje. Přejít od tužkové kresby k rytí do vrstvy a od kreslicího papíru k desce pokryté vrstvou, jakož i od kreslicí tuhy k rytecké jehle, umožňuje dnes toto elektromagnetické ovládání uskutečnit. Přesto však jsou pochopitelné důvody pro to, aby vyhodnocovatel nemusel vykreslovat pravidelně přerušované prvky čárové kresby obdobně pravidel-

ně přerušovaným ovládním nožního vypínače tužky na stereoplanigrafu. Nezbyvá než hledat řešení v automatizaci tohoto procesu, jak už to bylo v předu naznačeno.

Jedna z použitelných možností je např. způsob, při kterém by elektromotor naháněl vhodné vačkové kotouče, jejichž vačky by přes příslušné kontakty vypínaly a zapínaly elektromagnety. Vhodným uspořádáním vaček lze vytvořit libovolný sled impulsů, a tedy také libovolný čárový prvek. Nevýhoda takového přístroje je především v tom, že vyžaduje značné množství mechanicky pohyblivých částí (hnací motor, převody) a dále že zde nelze měnit poměr pracovního časového úseku  $t_a$  k časovému úseku přerušování kresby  $t_p$  (srovnej obr. 1). Tyto nevýhody odstraňuje elektromagnetický vypínač, jehož funkci nyní popíšeme. Poněvadž přístroj je osazen tranzistory, je třeba se nejdříve zmínit o funkci tranzistorů v použitém zapojení. Úsek emitor - kolektor tranzistoru má velký odpor, jestliže je báze  $B$  vůči emitoru  $E$  kladná (obr. 2). V tomto případě může procházet tranzistorem jen zcela nepatrný kolektorový proud  $J'_{co}$ , který lze se zřetelem na funkci přístroje zanedbat. Nabude-li však báze vůči emitoru záporného napětí, klesne odpor úseku emitor-kolektor na nepatrnou hodnotu, čímž umožní průchod kolektorovému proudu  $J_c$  o velké intenzitě. Uvedené postačí k pochopení dalších vývodů.



Obr. 2



Obr. 3

Na obr. 3. je ukázáno schéma zapojení elektromagnetického vypínače.

V klidové poloze, znázorněné na obrázku, je zdroj proudu  $Q$  odpojen vypínačem  $S$ , relé  $A$  a  $B$  jsou bez proudu, reléový kontakt  $a_1$  (pracovní kontakt) je otevřen a reléový kontakt  $b$  (klidový kontakt) zavřen. Otevřen je také pracovní kontakt  $a_2$ , který je zařazen ve vedení k elektromagnetu ovládajícímu kreslicí hrot. Zapneme-li spínač  $S$ , nedostane se ještě na bázi tranzistoru  $T_b$  žádné napětí, poněvadž kontakt  $a_1$  je otevřen. Tranzistorem nemůže procházet kolektorový proud (srovnej obr. 2), a proto zůstává relé  $B$  bez proudu a klidový kontakt  $b$  je zavřen.

Tímto kontaktem však přejde napětí na bázi tranzistoru  $T_a$ , a tím se zároveň nabije kondenzátor  $C_a$ . Odpor úseku emitor-kolektor v  $T_a$  klesne působením záporného napětí na základně na minimum, takže proud může procházet v okruhu  $Q-S-T_a-A-Q$ . Tím se zmagnetizuje relé  $A$ , které přitáhne a uzavře kontakty  $a_1$  a  $a_2$ . Uzavřením kontaktu  $a_2$  se zapojí elektromagnet na koordinátografu a spustí rycí hrot na desku opatřenou vrstvou pro rytí. Uzavření kontaktu  $a_1$  způsobí, že se nabije kondenzátor  $C_b$ , na bázi tranzistoru  $T_b$  se dostane napětí a v okruhu  $Q-S-T_b-B-Q$  prochází proud, který zmagnetizuje relé  $B$  a otevře kontakt  $b$ . Náboj na kondenzátoru  $C_a$  se nyní počne vybijet přes proměnný odpor  $R_a$ . Zároveň tím klesá ve stejné míře záporné napětí na bázi tranzistoru  $T_a$ , a tím klesá i intenzita kolektorového proudu  $J_c$  procházejícího tranzistorem, až klesne pod úroveň funkčního proudu na relé  $A$ . Tehdy pomine přitažlivost relé  $A$  a kontakty  $a_1$  a  $a_2$  se otevřou. Tím že se otevře kontakt  $a_2$ , zmizí

proud na elektromagnetu u koordinátografu; rycí hrot se zvedne. Od okamžiku otevření kontaktu  $a_1$  může se také vybíjet kondenzátor  $C_b$  přes poměrný odpor  $R_b$ . Klesne-li tím záporné napětí na bázi tranzistoru  $T_b$  pod určitou míru, přestane působit relé  $B$  a zavře klidový kontakt  $b$ , čímž se celý popsaný postup opakuje.

Jak je zřejmé, délka pracovního času  $t_a$  (kontakt  $a_2$  uzavřen) a doby přerušení  $t_p$  (kontakt  $a_2$  otevřen) závisí na tom, v jakém časovém úseku se kondenzátory  $C_a$  a  $C_b$  vybíjejí přes odpory  $R_a$  a  $R_b$  po jistou mez. Podle rovnice časových konstant napsané pro kombinaci  $R/C$  [3]

$$\tau = R \cdot C$$

je doba vybíjení  $\tau$  při konstantním  $C$  přímo úměrná odporu  $R$ . Lze tedy plynulou změnou odporových hodnot  $R_a$  a  $R_b$  v daných mezích plynule měnit doby  $t_a$  a  $t_p$ .

Zapojení znázorněné na obr. 3. dovolí automatickou kresbu čárkovaných a tečkovaných čar. V zapojení, kterého se v praxi používá, byly s použitím klávesnicového ovládacího zařízení zapojeny různé proměnné odpory (potenciometry)  $R_a$  a  $R_b$  paralelně s kondenzátory  $C_a$  a  $C_b$ , a mohou být během vyhodnocování nastaveny pevně na zvolené hodnoty, což umožňuje rychlý přechod z jednoho typu čárové kresby na druhý. Čerchované čáry nelze ještě pomocí přístroje pracujícího podle obr. 3 vykreslovat; je to ovšem bez potíží proveditelné, jen pořízení přístroje, dávajícího tuto možnost, si vyžádá dvojnásobné technické vybavení.

Impulsy vyvolané přístrojem mají se zřetelem na účel, kterému přístroj slouží, v plně postačující míře stejné časové trvání. Tím ovšem ještě nedosáhneme toho, aby čárové elementy, které se do vrstvy vyryjí, byly stále stejně dlouhé, poněvadž závisí zajisté také na rychlosti, kterou vyhodnocovatel vede v prostorovém modelu měřickou značku. Je třeba si však uvědomit, že na jedné straně jak se v praxi ukazuje - je tato rychlost vedení značky u zacvičených vyhodnocovatelů poměrně stejnoměrná a na druhé straně - se zřetelem na to, že fotogrammetricky vyhodnocený list prochází ještě dalším topografickým a kartografickým zpracováním - není také absolutní pravidelnost kresby čárových elementů naprosto nutná.

Spotřeba proudu popsaného přístroje je zcela nepatrná, a proto také - i se zřetelem na jednoduchost celého zařízení - byla jako zdroj proudu volena běžná baterie pro kapesní svítilny. Jak se prokázalo sledováním v praxi, životnost této baterie je prakticky omezena pouze její skladovací schopností. Strojek dokonce spolehlivě pracoval i s bateriemi, které již pro kapesní svítilnu nebyly použitelné.

Náklady na pořízení přístroje jsou asi 250,- Kčs. Je třeba ještě poukázat na to, že popsané řešení dané úlohy je jen jedním z možných. Zdá se však nejúčelnější proto, že vyžaduje jen ty součástky, jež lze běžně v obchodě koupit a jež lze zhotovit amatérskými prostředky.

Právě ve fotogrammetrii - a nesporně i v jiných oborech zeměměřické praxe existuje ještě řada problémů, které lze využitím elektroniky řešit. Je jisté, že technické nároky i finanční náklad budou často mnohonásobně vyšší, než tomu bylo u popsaného přístroje. Řešení mnoha takových úloh bude nutno ve většině případů přenechat příslušným průmyslovým podnikům. Přesto bychom měli při jiných, drobnějších problémech zkoušet, nedávají-li elektronika výhodnější řešení.

#### Literatura:

- [1] Sieber: „Die sozialistische Rekonstruktion des Vermessungs und Kartenwesens“, Vermessungstechnik 1959, č. 8, str. 201.
- [2] Hegner: „Elektrotechnik und Sozialismus“, Radio und Fernsehen 1959, č. 1, str. 3.
- [3] Autorenkollektiv: „Amateurfunk“, Berlín 1956, str. 137.

(Z německého časopisu „Geodetická služba; Lipsko, NDR“ přeložil inženýr podplukovník CSc. Radim Kudělásek).

## Zprávy technické knihovny VZÚ

### Některé významnější přírůstky knižních publikací v 2. pol. 1961

- Jokl E. a j.  
Praktikum z numerických a grafických metod geodetických výpočtů.
- Zeman J.  
Geodetické pomůcky a přístroje ve stavební praxi.
- Boguszak F. a Císař J.  
Mapování a měření českých zemí od poloviny 18. století do počátku 20. století.
- Salda J.  
Reprodukční fotografie-přístroje, zařízení, techniky.
- Hašek J.  
Moderní ofsetová deska.
- Salda J.  
Ofsetový tisk na postupu.
- Biskup B. a Tausk P.  
Fotografování s výměnnými objektivy.
- Majorov F. V.  
Elektronické počítače.
- Samek M.  
Samočinné počítače.
- Stárka A.  
Reléové počítače.
- Žonglovič I. D. a Amelin V. M.  
Sborník tablic i normogramů pro obrábění a nabíjení umělých družic Země. (Soubor tabulek a nomogramů pro zpracování pozorování umělých družic Země.)
- Bessel F. V.  
Vysšaja geodezija i sposob najmenšich kvadratov. (Vyšší geodesie o způsob nejmenších čtverců).
- Trudy Centralnogo naučno-issledovatel'skogo instituta geodezii, aerosjemi i kartografii. Vyp. 135. Issledovanija po geodezii. (Práce Ústřed. vědecko-výzkumného ústavu geodesie, fotogrammetrie a kartografie. Sv. 135. Výzkumy v geodesii.)
- Graf A.  
Gravimetr. Princip izmerenija, konstrukcija, tehnika izmerenija. (Gravimetr. Princip měření, konstrukce, technika měření).
- Modrinkij N. I.  
Geodezija. 2. ispravl. i dopl. izd. (Geodesie.)
- Jelisejev S. V.  
Fotoelektričeskij i fotografičeskij metody opredelenija napravlenija na cel' primenitel'no k geodezičeskim instrumentam. (Fotoelektrická a fotografická metoda určení směru na cíl v použití u geodet. přístrojů.)
- Nastavlenije po topografičeskim sjezkam v masštabach 1:10 000 i 1:25 000. Čast' 1. Polevyje raboty. (Návod pro topografické měření v měř. 1:10 000 a 1:25 000. Díl 1. Polní práce). 3. izd.
- Mončenko I. M.  
Menzuľnyje pribory i instrumenty. (Stolové přístroje.)
- Romanov L. A.  
Techničeskije niveliry. 2. izd. ispravl. (Technické nivelační přístroje.)
- Merrit E. L.  
Analitičeskaja fotogrammetrija. (Analytická fotogrammetrie.)
- Bogdanovič M. M. a Iljin P. A.  
Gيروسkopičeskije pribory i ustrojstva. Osnovy teorij. (Gyroskopické přístroje a zařízení. Základy teorie.)
- Skarboro, Dž. B. (Scarborough J. B.) Gyroskop. Teorija i primenenije. (Gyroskop. Teorie a použití).
- Kriščanovič V. Ja.  
Laboratornyje zanjatija po kartografii. (Laboratorní cvičení v kartografii.)
- Koldajev P. K.  
Primenenije cvetovoj i téněvoj plastiki pri oformlenii i izdanii kart. (Použití barevné a stínové plastiky při úpravě a vydání map.)
- Ivankov P. A. a Smoženkov N. F.  
Plastiki v kartografii. (Plastické hmoty v kartografii.)
- Machaček F.  
Reljef Zemli. Opyt regionalnogo morfologičeskogo opisanija poverchnosti Zemli. (Reliéf Země. Pokus o regionální morfologický popis zemského povrchu.) Tom 2.